PERIODICALS Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Annual Report 1956

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

ANNUAL REPORT

FOR THE YEAR

1956

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

INFORME ANUAL

CORRESPONDIENTE AL AÑO

1956

La Jolla, California

1957

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

MEMBERS

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

MIEMBROS

Costa Rica

José L. Cardona-Cooper
Virgilio Aguiluz
Victor Nigro

Panamá

Miguel A. Corro
Domingo A. Díaz
Walter Myers, Jr.

United States—Estados Unidos de América

Gordon W. Sloan
Eugene D. Bennett
John L. Farley
Lee F. Payne

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

ANNUAL REPORT

FOR THE YEAR

1956

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

INFORME ANUAL

CORRESPONDIENTE AL AÑO

1956

La Jolla, California

1957

CONTENTS INDICE

Annual Report of the Commission (Versión en inglés) 3-16

Informe Anual de la Comisión (Spanish version) 17-32

Appendix (Versión en inglés)

A. Report of the Director on the investigations during the year 1956 33-70

Apéndice (Spanish version)

A. Informe del Director sobre las investigaciones efectuadas durante el año 1956 71-112

REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION FOR THE YEAR 1956

The Inter-American Tropical Tuna Commission has completed its sixth full year of investigation of the fisheries for the tunas and tuna-bait fishes in the Eastern Pacific Ocean adjacent to the shores of the Americas, under a Convention to which Costa Rica, Panama, and the United States of America are signatories. Under the provisions of the Convention other nations having an interest in these fisheries may adhere, and participate on an equal basis, by exchange of correspondence with the present members.

The Convention provides that the Commission shall gather and interpret factual information to facilitate maintaining the populations of tunas and tuna-bait fishes at levels which will permit maximum sustainable catches to be made year after year. To this end it is authorized and directed to conduct various kinds of scientific investigations, to publish reports on the results thereof, and to recommend, on the basis of such studies, proposals for joint action by the member governments to maintain the fish populations at levels which will permit maximum sustainable harvests.

During the past six years, the Commission has employed an international scientific staff which has energetically prosecuted investigations to elucidate the life history, biology and ecology of the tunas and of the important bait-fishes, and to determine the effects of fishing and of natural factors on the abundance of their populations and on the harvests which can be obtained from them. The staff has in continuous operation a program of collection and evaluation of basic statistical and biological data for assessing the abundance of the fish populations, and the effects upon them of changes in the amount of fishing effort. Although it appears that conservation regulations are not yet required for any of the major populations, the potential fishing power of the fleets is continuously monitored so that the Commission may be able to anticipate the need to make pertinent recommendations whenever there is imminent fishing effort in excess of that corresponding to maximum sustainable catch. Much research is being done on those aspects of the biology and behavior of the tunas, knowledge of which is required for effective and efficient conservation recommendations when needed.

Program of Investigations

A further increase in research funds during 1956 has made possible more rapid progress on the investigations already commenced and has made it possible to initiate additional research. The staff is now engaged in all of the various lines of inquiry required to provide the data needed by the Commission to carry out its obligations under the Convention.

Much of the Commission's research is conducted in cooperation with

scientists of the Scripps Institution of Oceanography, which makes possible more comprehensive studies at a lower cost than could otherwise be obtained. The Commission's staff also maintains liaison, and cooperates to mutual advantage, with other governmental and international research agencies in the Eastern Pacific, such as the California State Fisheries Laboratory, Laboratorio Nacional de Pesca of Panama, Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru, and others.

During 1956, the research of the Commission's staff has encompassed the following activities:

1) Collection, compilation, and analysis of catch statistics, logbook records, and related data for the tunas and baitfishes.

   a) Continuing routine collection of such data for measuring changes in yield, apparent abundance, and intensity of fishing for the tunas and baitfishes.

   b) Completion for publication of reports on analyses of historical series of catch statistics for tunas and baitfishes.

   c) Analysis of data respecting tuna catches by geographical and seasonal sub-divisions.

   d) Investigation of concentration of fishing effort in relation to aggregation of tunas, in order to study variations in tuna distribution, and to develop improved indices of abundance.

   e) Further development of mathematical models and their application to the tuna fishery, to provide estimates of the quantitative relationships among fishing effort, abundance and sustainable average catch.

   f) Study of the relationship between intensity of fishing and the size composition of the yellowfin tuna population as revealed by the pole-sizes of fish logged by vessel masters.

2) Investigations of life history, biology, population structure, and behavior of tunas.

   a) Continuation of market measurement program at San Diego and San Pedro to provide data on size composition of the catches by geographical sub-areas and seasons; collection of supplementary data in northern Peru.

   b) Biometric studies of yellowfin and skipjack based on measurements at sea of freshly-caught specimens.

   c) Studies of aggregation habits of tunas.

      (1) Investigation of aggregation by species based on analysis of logbook records of individual "sets" of purse seiners, and on records of species composition of schools encountered by baitboats, made by our scientists aboard.

(2) Investigation of aggregation by size, through collection of data on size composition of individual schools by our scientists aboard commercial vessels.

d) Studies of tuna maturation and spawning in different sub-areas, based on examination of the gonads of specimens landed at U. S. ports and at ports in northern Peru.

e) Studies of planktonic eggs and larvae of tunas based on material collected on cruises of research vessels.

f) Observations, by scientists aboard commercial fishing vessels and research vessels, of seasons and areas of occurrence of juvenile tunas.

g) Studies of food-habits of tunas based on collections of stomach contents, incidental to other operations at sea.

h) Studies of geographical variations in standing crops and productivity of organisms at the base of the food chain, and the relationships thereof to the regions of concentration of the tuna populations.

3) Tuna tagging to study migrations and rates of exploitation.

a) Further development of improved tags and tagging techniques.

b) Institution of a continuing program of tagging from commercial vessels sailing from U.S. ports at all seasons of the year.

c) Initiation of tagging throughout the year from vessels based at ports in northern Peru.

4) Oceanography and tuna ecology.

a) Analysis of existing data on physical and chemical oceanography and meteorology to describe the general circulation of the Eastern Pacific, and to elucidate seasonal and annual variations.

b) Investigation of variations in standing crops and productivity of organisms at the lower end of the food chain, and their correlation with physical and chemical factors, with particular reference to processes in areas of tuna concentrations.

c) Investigations toward the characterization of water masses by indicator organisms.

d) Further investigation on the obtaining of useful sea temperature data from equipment aboard commercial fishing vessels.

e) Commencing establishment of instruments for obtaining continuous sea level and sea temperature records at outlying islands.

f) Participation in planning oceanographic studies in the Eastern Pacific during the International Geophysical Year which are of interest to our research program.

5) Research on life history, population structure, behavior and ecology of baitfishes.

a) Continuation of field studies of biology, ecology, and life history of the anchoveta stocks of the Gulf of Panama; continuation of serial observations on the hydrographic regime of the Gulf of Panama and its biological effects.

b) Continuation of field studies in the Gulf of Nicoya, Costa Rica, to keep track of the anchoveta population, to study the hydrography of the Gulf of Nicoya, and to provide material for studies of other bait species from this area.

c) Continuation at headquarters laboratory and at the regional laboratories of studies of the reproduction and early life history of anchovetas and related species; further investigations at headquarters laboratory of racial characteristics, age, growth, and spawning seasons of anchovetas in the several baiting areas.

d) Field collections from areas other than Panama and Costa Rica to supplement material collected by the tuna fleet.

Progress on Investigations

We are pleased to be able to report that in July 1956 appropriations were increased to essentially the full amount deemed necessary for the development of the complete and well-rounded program of research required to fulfill the duties of the Commission specified by the Convention. In consequence, the existing lines of investigations are being brought up to the scheduled scope and there have been initiated additional inquiries which were formerly incapable of being undertaken. With the additional capabilities of the research staff, it has been possible to complete the analysis of much of the data previously collected and to prepare reports on the results. The sea-going phases of the research have been greatly expanded. The staff is engaged in extensive studies of tuna migrations, schooling habits, and other aspects of their life history and behavior, from commercial fishing vessels. Progress is being made on collection of useful physical oceanographic data from commercial fishing craft. Additional studies have been made from research vessels, and plans have been completed for further work from such vessels during the early part of 1957. Work at sea from research craft continues to be conducted very largely in cooperation with the Scripps Institution of Oceanography, which is mutually advantageous from both the financial and scientific viewpoints. In the fall of 1956 it became possible to initiate investigations on a continuing basis from ports in northern Peru, through the cooperation of the Peruvian Government in permitting us to station there one of our staff scientists who, with the aid of locally-employed personnel, is conducting tuna tagging and the collection of some data on the biology of the tunas in nearby waters throughout the year.

A very important part of the Commission's research is the continuous assessment of the abundance of the fish populations and the intensity of fishing to which they are subjected. This is accomplished through the collection and analysis of catch statistics, logbook information, and related data on the details of the fishing operations and results of the fleets of vessels operating from U.S. ports, supplemented by some similar data from vessels operating from ports on the west coast of Latin America and from Puerto Rico. The total catch of tunas for the entire fishery is compiled each year with the aid of agencies of the United States and other governments. Estimates are also obtained of the quantities of each species of baitfish taken from each baiting area, and their changes in relative abundance from year to year. From these series of data, compared with similar data for previous years, it is possible to estimate the effects of fishing on the fish stocks, and their current condition.

Analyses of the historical series of data for the skipjack tuna indicate that the levels of fishing effort so far attained by the fishery for this species have been insufficient to exert any pronounced influence on the average abundance of the stocks. There are fairly large variations in apparent abundance, but these are not correlated with the fishing effort and must, therefore, be due to other, natural, factors.

Yellowfin tuna, on the contrary, are subject to a sufficiently high fishing intensity markedly to affect their abundance. By 1952 and 1953 the fishing effort for this species had reached a level not very far below the level which the staff estimates to correspond to maximum sustainable catches from the aggregate of all stocks of this species in the Eastern Pacific. In 1954, however, due to economic factors, there was a sharp drop in fishing effort, which declined even further in 1955.

Fishing effort for both tuna species increased somewhat during 1956, since, with the partial solution of some of the economic problems, vessels were able to operate more freely than in the previous year. The potential fishing power presently available appears, however, to be insufficient to make overfishing possible even with full operation. Since very little new vessel construction is in progress, it is anticipated that this situation will remain unchanged during the next year at least.

Analysis of available historical statistical data on baitfish catches has been completed for publication. For the anchoveta, the most important of the bait species, data on changes in fishing effort and catch have been examined for each major baiting area, from which it was concluded that the rather large year-to-year variations in abundance observed in different areas are due to factors other than fishing effort, over the range of fishing intensities observed. With the decrease in total fishing effort during recent years, the utilization of the bait resources has, correspondingly, trended downward. During 1956, when the tuna fishery was relatively more productive in the northerly areas off Mexico, the utilization of northern anchovy and herrings increased.

Effects of the fishery on the population of yellowfin tuna, inferred from data on the changes in catch-per-unit-of-effort, have been confirmed by study of changes in the size composition of the catches, measured by the pole-sizes of fish logged by vessel masters, from 1947 through 1955. The percentage of smaller fish (one-pole) in the catches increases with increasing fishing effort, reflecting the increased mortality rate due to increased fishing.

As is well known, neither the tuna populations nor the fishing effort are evenly distributed over the Eastern Pacific. The tunas tend to be concentrated in certain geographical areas, the locations of these areas and the degree of concentration in them varying seasonally and from year to year. The fishermen attempt, of course, to conduct their fishing on such concentrations, but their average success in doing so varies from year to year. In order to arrive at improved indices of abundance, and in order also to obtain understanding of the seasonal and annual variations in the aggregation habits of the fish and the fishermen, investigations are in progress based on the study of the geographical distribution of catch and effort by seasons and by years. This should lead to measures of tuna abundance in terms of density per unit area of sea surface, discounting the effect of variable success of the fishermen in concentrating their efforts on concentrations of tunas.

As has been noted in earlier reports, a particularly important problem is the population structure of the tuna stocks, that is the question to what extent each species in the Eastern Pacific is represented by sub-populations, and the degree to which such sub-populations are independent of one another. This is proving to be a difficult task, partly because of the technical difficulties involved, but primarily because it appears that the population structures of the tuna species are complex. Evidence from the current researches indicates that the population of the commercial sizes of each species is not composed of a single, homogeneous, rapidly-intermingling group of fish. At the same time, it is improbable that these populations are divided into completely distinct, self-contained, sub-populations, since, from tagging results, and from other lines of research, there is evidence of intermingling. In order to obtain a clear understanding of the nature of the population structure of each tuna species will require, therefore, the integration of information from a number of different lines of research.

Analysis of morphometric data for both yellowfin and skipjack tuna, while not yet completed, indicates that there is some heterogeneity among samples from different areas within the Eastern Pacific, indicating that the mixing of fish from different areas is at least incomplete. Since we are dealing with rather small measurement differences, and there are various possible sources of sampling error, the results are not completely clear. Additional data and analyses will be required.

Investigations to measure migrations by means of marked specimens have been emphasized during the year. Primary attention has been given to improving the tags and tagging techniques in order to increase the rates of recovery. In this, encouraging progress has been made, but there is yet opportunity for further improvement. During the year there were liberated 1438 tagged yellowfin tuna and 3068 tagged skipjack on cruises of tuna clippers operating from U.S. ports. To the end of the year, 42 yellowfin and 33 skipjack had been recovered. Most of these were, of course, short-term recoveries, since many of the tagged fish have not yet been long at liberty. Some of the fish recovered had migrated a considerable distance from the point of release — up to 550 miles. At the same time, however, five fish, after eleven months at liberty, were recovered only a few miles from the point of release, which might indicate a regular, repetitive annual migration pattern, or might be due to these fish having not gone far in this period of time. Until we have a great many more recoveries, including long-term ones, it is pointless to speculate on the migration patterns of these species. It does seem probable, however, that a continued extensive program of tagging will provide much vital information for solving the problems of migration and population structure.

In September 1956 there was also commenced tagging of tunas from vessels operating out of Paita and Mancora, Peru. These vessels operate in waters off northern South America throughout the year, whereas U. S. based vessels operate there only a part of the year. The cooperation of the Peruvian government in permitting the conducting of this work is, therefore, valuable in enabling tagging to be accomplished there throughout the year. In the first four months of this work, there were liberated 331 tagged yellowfin tuna and 1006 tagged skipjack.

Another means of investigating the population structure of the tunas is by the study of temporal and geographical variations in the size composition of the commercial catches over a series of years. The systematic collection of such data was commenced late in 1954 and is being continued on a regular basis, to provide, as far as possible, estimates of the size compositions of the catches from each of twelve geographical sub-divisions by monthly time intervals. This not only involves measuring many thousands of specimens each year, but also involves drawing the samples to be measured in such a fashion as to provide a reliable representation of the true size composition in any time-area stratum. On the basis of routine samples collected during 1955, supplemented by some special sampling, an analysis has been completed leading to a sampling design to provide the required degree of precision in an efficient manner.

Investigations of the spawning times and areas of the tunas, which will be described more fully below, is also of value in elucidating population relationships, because each self-contained population unit must include breeding individuals. Knowledge of the spawning seasons in different areas,

considered together with data on size composition, tagging results, and catch-statistical data, is, therefore, of value in attacking this somewhat recalcitrant problem.

Various additional aspects of the life history and biology of the tunas are of importance as a basis for correct interpretation of the catch statistics for obtaining a clear insight into the dynamics of the fishery, and as a necessary basis for effective conservation measures when required.

Knowledge of the rates of growth and the ages of the tunas of commercial sizes is being obtained from the study of the temporal progression of modal sizes in the size-composition curves obtained by the systematic "market-measurement" program. From the percentage size composition of the catch, the rate of growth, and the abundance estimated from catch statistics, it is also possible to derive estimates of rates of mortality. Likewise, from variations from year to year in size composition of the commercial catch, taken together with information on growth rate and catch-per-unit-of-effort, it is possible to detect the occurrence of dominant year classes which are, in some fisheries, an important source of fishery-independent variations in abundance. For these latter purposes the staff is now only collecting the required basic data; several years' collection of such data will be required for arriving at any useful inferences.

The spawning areas and seasons of the tunas are being investigated by two methods. From systematic examination of the gonads of adults in the commercial catch, the times and areas of occurrence of maturing, ripe, and spent females provides a basis of inferring the general seasons and locations of spawning. Further data on this subject are obtainable from the times and areas of occurrence of eggs and recently hatched larvae in plankton hauls. Larger post-larval and juvenile tunas are also collected by dip net under lights at night, since they are positively phototropic up to a size of several centimeters.

Knowledge of the schooling habits of the tunas is of importance to the interpretation of data on size composition of commercial landings, and in some of the analyses of catch statistics. It will be of great importance, also, to the devising of fishing regulations when required, because it appears that it will be necessary to control selectively fishing for the two species, since the yellowfin tuna are in a more advanced stage of exploitation than are skipjack. Studies have been completed respecting the degree of schooling by species revealed by records of the results of individual sets of purse seiners, as recorded in the vessel logs. These show that a large percentage of the schools encountered are pure schools of a single species, or with a negligible admixture of the other species. During the year, observations of the species composition of individual schools fished by clippers were gathered by our scientists on tagging cruises. These data give results rather similar to those from the purse-seiner logbooks, except that

perhaps a somewhat higher percentage of mixed-species schools are fished by the clippers. Additional data for both types of gear are being gathered on a continuing basis.

The tunas also tend to school by sizes. In order to measure this tendency, the scientists aboard commercial fishing vessels are accumulating data on the length-composition of individual schools in different areas and seasons.

The food habits of the tunas are being studied by means of examination of the stomach contents of freshly caught specimens which are obtained on commercial fishing vessels incidental to other research. The examination of stomach contents which has been so far completed, confirms the conclusions of previous research in other parts of the Pacific that the tunas are quite omnivorous, consuming a wide variety of organisms from rather small crustacea to larger cephalopods and fishes. It is likely that the quantity of available food is of much greater importance than its particular composition.

The tunas are completely pelagic at all stages of their life history and are, therefore, greatly influenced by the variations in the properties of the oceanic environment. Thus, in order properly to understand their life history, behavior and population structure, and to arrive at useful explanations of those fluctuations in their abundance and availability to the fishery which are unrelated to the intensity of fishing, it is necessary to study the physical and biological features of the oceanic environment. During the past year, the staff of the Commission has continued and somewhat intensified such studies.

An analysis of the physical and chemical data from the "Shellback" expedition of 1952, considering also data collected on earlier expeditions, has been completed by members of our staff in cooperation with staff members of the Scripps Institution of Oceanography. Physical and chemical data from the "Eastropic" expedition of 1955 have been processed and distributed as a data report to other interested oceanographers, and analytical studies of the data are being carried out both by our staff and by scientists of the Scripps Institution.

An important part of the work of the "Eastropic" expedition was to survey on a broad scale the standing crops of the phytoplankton and zooplankton organisms at the base of the food chain, and to make measurements of the rate of primary photosynthetic production in different areas. These data, and some of their relationship to the general hydrography and to the occurrence of tuna concentrations, were studied during the year and a report prepared for publication on the results.

Work was also commenced during the year on the identification of water masses by means of indicator species among the zooplankton, using as a start the material collected on the "Eastropic" expedition.

It is our belief that the data from these expeditions are fairly adequate to provide a general description of the oceanic circulation and the distribution of physical, chemical and biological properties in our region. Future development will be increasingly toward the measurement of temporal variation and the study of the oceanographic and biological processes in critically important locations. A start has been made on both of these kinds of study.

During November-December 1956 there was carried out the "Scope" expedition by personnel of the Scripps Institution and the Tuna Commission, with support of the U. S. Fish and Wildlife Service. On this expedition there were obtained further measurements of standing crops of zooplankton and phytoplankton in the region between Baja California and Panama, together with measurements of associated physical and chemical factors. An important additional objective was a special study in the region of the thermal anticline off Central America, which is a highly productive area of the sea and is an important center of tuna concentration, to measure in considerable detail the distributions of physical, chemical, and biological properties, as a basis of elucidating the processes by which the higher productivity of that area is maintained.

During this year a start was made on investigating the possibility of obtaining useful ocean temperature data from tuna vessels by means of continuous recording surface thermographs and by use of bathythermographs. Encouraging results have been obtained from the surface-temperature recorders, which require little effort to operate, and which provide information which many fishermen find immediately useful. The bathythermographs, for recording vertical temperature profiles, are more trouble to operate and initial results have been disappointing except when our own staff members were aboard to operate the equipment.

For obtaining continuous records of sea temperature and other data at specific locations two possibilities are being considered: the location of fixed instruments on outlying islands, and the use of instruments on anchored buoys. As to the first, a long-term sea-level and temperature recorder has been subjected to trials, and an installation was recently made on Clipperton Island. Arrangements are in progress to install similar equipment on islands in the Galapagos and Revilla Gigedos. This program is being developed, in cooperation with the Scripps Institute, in part in connection with the program of the International Geophysical Year. The employment of anchored instrument buoys is still in the planning phase.

Research on baitfishes continues to be concentrated primarily on the biology, ecology and population dynamics of the anchoveta, the most important of the tuna-bait species. At our headquarters laboratory primary emphasis was placed during the year on the interpretation and preparation for publication of the large amount of information collected over several

years on the racial characteristics, age composition, rate of growth, and spawning seasons of this species in each of the important baiting areas. A study was also completed for publication on the statistical data of bait catches from vessel logbooks through 1954; this has already been mentioned earlier.

The study of the egg and larval stages and early development of the anchoveta constitutes a somewhat intractable problem, because of the difficulty of distinguishing these stages of the anchoveta from those of numerous other species of anchovies which occur in the same locations. This, however, is a problem which must be solved before the spawning and early life history of the anchoveta can be studied in detail. A staff scientist assigned to this problem worked the greater part of the year with material at headquarters already collected, supplemented by special collections from several spawning areas. During the recent spawning season (October-December) in Panama he has conducted special field studies. It is believed that sufficient material is now on hand to enable the completion of this task during the next year.

At the Panama laboratory studies were continued throughout the year on various aspects of the life history and ecology of the anchoveta in the Gulf of Panama, and a start was made on preparing some of the results for publication. There was also continued the bi-weekly series of observations, at a fixed station in the Gulf, of physical, chemical and biological properties to elucidate the effects of upwelling. These data are correlated with the continuous records of sea temperature, sea level, and meterological factors obtained by the Panama Canal Company at Balboa. It is expected that these observations will, in the course of a few years, lead to an understanding of variations in the anchoveta population of the Gulf.

An analysis was also commenced in the latter part of the year of the fifty-year series of data on sea level, sea temperature, and wind at Balboa in order to determine whether there have been any long-term trends or cyclic changes in these factors, which could form the basis of useful forecasting of the amount of upwelling. While the study is not yet complete, it appears that there is a long-term secular trend and also some evidence of cyclical changes, but that their forecasting value is low because of the presence of a random component of large magnitude.

At our Costa Rica laboratory on the Gulf of Nicoya, observations were made throughout the year on the occurrence and distribution of anchovetas and other species of engraulid and clupeid fishes. While the anchovetas were somewhat more numerous than the previous year, the increase of the population is disappointingly slow, and it remains far below any useful magnitude. Some other species are vastly more abundant.

Observations on hydrographic factors were also made at a number of stations in the Gulf of Nicoya at intervals throughout the year. The

hydrography of the Gulf is much different from the Gulf of Panama, there being no pronounced upwelling, and the seasonal changes being, apparently, more closely related to the annual cycle of precipitation than to the winds.

Further details of the Commission's research during 1956 are given in a report by the Director of Investigations attached hereto as Appendix A.

Publication of Research Results

An increasing share of the time of our staff members is being devoted to preparation of reports for publication on the results of the researches, as progress along the various lines of investigation makes this possible. During 1956, several reports were completed for publication in the Bulletin series. The first two, listed below, have been printed; the others will be off the press early in 1957:

Bulletin, Volume 1, Number 7—"A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean" by Bell M. Shimada and Milner B. Schaefer (English and Spanish).

Bulletin, Volume II, Number 1—"Changes in the size structure of the yellowfin tuna population of the Tropical Eastern Pacific Ocean from 1947 to 1955" by Gordon C. Broadhead (English and Spanish).

Bulletin, Volume II, Number 2—"A study of the Eastern Pacific fishery for tuna baitfishes, with particular reference to the anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)*" by Franklin G. Alverson and Bell M. Shimada (English and Spanish).

Bulletin, Volume II, Number 3—"Schooling habits of yellowfin tuna *(Neothunnus macropterus)* and skipjack *(Katsuwonus pelamis)* in the Eastern Pacific Ocean as indicated by purse-seine catch records, 1946-1955" by Craig J. Orange, Milner B. Schaefer, and Fred M. Larmie (English and Spanish).

Bulletin, Volume II, Number 4—"Primary production, chlorophyll, and zooplankton volumes in the Tropical Eastern Pacific Ocean" by Robert W. Holmes, Milner B. Schaefer, and Bell M. Shimada (English and Spanish).

In addition to these publications, three papers by our staff members were published during the year in other journals (see Report of Director of Investigations, page 70).

Inter-American Conference on Conservation of Natural Resources

There was held in Ciudad Trujillo, Dominican Republic, from March 15 to March 28, 1956, under the auspices of the Organization of American States, an "Inter-American Specialized Conference on Conservation of Natural Resources: The Continental Shelf and Marine Waters." At the in-

vitation of the Organization of American States, the Inter-American Tropical Tuna Commission sent as an observer to this conference its Director of Investigations, who presented two papers on the research being conducted by the Commission and on the current status of the tuna and tuna-bait resources of the Eastern Pacific Ocean.

National Academy of Sciences Committee on Biological Effects of Atomic Radiations in Oceanography and Fisheries

At the request of the National Academy of Sciences—National Research Council of the United States, Dr. Schaefer served during the year on a Committee, under the chairmanship of Dr. Roger Revelle of the Scripps Institution of Oceanography, to consider the Biological Effects of Atomic Radiation in Oceanography and Fisheries. The Committee met several times during the year, and prepared a number of detailed reports on various aspects of this subject. A summary report of the findings of the Committee was published in June, 1956. The detailed reports will be published in the near future.

Annual Meeting

The Commission held its regular annual meeting in San Diego, California, on July 30, 1956. The following actions were taken:

1) Approved publication of the Annual Report for 1955.

2) Reviewed research in progress and discussed and approved the program of investigations for the fiscal year 1956-1957.

3) Discussed the future research program necessary to carry out the Commission's duties under the Convention, and budget requirements. Recommended to the member Governments for fiscal year 1957-1958 a program requiring a budget of $352,700.

4) Determined, on the basis of current information on utilization of yellowfin and skipjack tuna in the respective countries, that the joint expenses of the Commission for fiscal year 1957-1958 should be in the following proportions: United States 99.7%; Costa Rica 0.3%; Panama, minimum contribution of $500.

5) Considered, in principle, an employee retirement plan under development by the United States Government for employees of International Fisheries Commissions to which it is a party. Approved such an idea in principle, and authorized the Director of Investigations to work with the U. S. State Department on the details of a specific proposal, to be subsequently submitted in detail, in writing, to the Commissioners for further consideration.

6) Considered a proposal to provide fellowships for one student each year from each of the member countries to study oceanography in the

United States. Requested the Director of Investigations to obtain further information on existing fellowships from other sources, and on the availability of qualified candidates, for further consideration at the next annual meeting.

7) Elected Mr. Gordon W. Sloan, of the United States, Chairman, and Sr. Miguel A. Corro, of Panama, Secretary, for the next year.

8) Agreed to hold the next annual meeting in San José, Costa Rica, on 5 March, 1957. (The date was subsequently changed, through exchange of correspondence, to 12 March 1957).

As a result of the augmentation of research funds during the latter half of 1956, the Commission's research program is developing on a basis which is now believed to be adequate to enable the Commission to carry out its duties under the Convention on a reasonable time-schedule. Continued cooperation of other agencies, including the California State Fisheries Laboratory and the Scripps Institution of Oceanography of the University of California, has enabled the research to be carried forward more effectively than would otherwise be possible. The continuing cooperative arrangements with the latter agency, particularly the use of its facilities for sea-going research, are especially helpful to the Commission.

Although the amount of fishing increased somewhat during 1956 over the previous year, it does not appear that the present capabilities of the fishing fleet are such as to make probable the overfishing of any of the major stocks of baitfishes or of either of the species of tropical tuna. There is, therefore, no necessity for conservation recommendations at this time. At such time as any large increase in fishing intensity becomes possible, however, it will be necessary to make such recommendations with respect to yellowfin tuna, which are being fished at a level not far below the estimated point of maximum sustainable yield.

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

Gordon W. Sloan, Chairman
Eugene D. Bennett
Lee F. Payne
John L. Farley
José L. Cardona-Cooper
Virgilio Aguiluz
Victor Nigro
Domingo A. Díaz
Walter Myers, Jr.
Miguel A. Corro, Secretary

INFORME DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL CORRESPONDIENTE AL AÑO 1956

La Comisión Interamericana del Atún Tropical ha completado su sexto año en la investigación de las pesquerías de atún y de los peces de carnada para capturarlo, las cuales se desarrollan en el Océano Pacífico Oriental adyacente a las costas de las Américas. Esta investigación se efectúa de acuerdo con una Convención en la que son signatarios Costa Rica, Panamá y los Estados Unidos de América. Una de las cláusulas de la Convención abre las puertas a otras naciones que tengan interés en dichas pesquerías para que puedan adherirse a élla, y participar sobre una base de igualdad. Para la adhesión de un país basta un intercambio de correspondencia con los actuales Gobiernos Miembros.

La Convención establece que la Comisión debe recoger e interpretar la información que facilite el mantenimiento de las poblaciones de atún y de las especies de carnada para la captura de éste, a niveles que permitan sostener pescas máximas año tras año. A fin de conseguir este propósito, la Comisión está autorizada y obligada a conducir diversas clases de investigaciones científicas, a publicar informes sobre los resultados de las mismas, y a recomendar, sobre la base de estos estudios, medidas de acción conjunta por parte de los Gobiernos Miembros, tendientes a conservar las poblaciones de peces a niveles que permitan resultados máximos de la pesca en forma permanente.

Durante los seis años pasados, la Comisión ha empleado un personal científico internacional que se ha dedicado con verdadero empeño a las investigaciones para elucidar la historia natural, la biología y la ecología del atún y de los peces-cebo que se consideran importantes en esta pesquería, y para determinar los efectos de la pesca y de los factores naturales sobre la abundancia de las poblaciones de estas especies, y sobre la producción comercial que pueda obtenerse de ellas. Este personal mantiene en continuo desarrollo un programa de recolección y análisis de básicos datos estadísticos y biológicos, para determinar la abundancia de las poblaciones de peces y los efectos que sobre ellas causan los cambios en el esfuerzo de pesca. Aún cuando parece que no se necesitan todavía regulaciones para la conservación de las poblaciones de mayor importancia, la fuerza potencial de las flotas pesqueras es una constante advertencia como para que la Comisión pueda estar lista y anticiparse a la necesidad de hacer las recomendaciones pertinentes cuando parezca inminente que el esfuerzo de pesca excede al que corresponde a una producción máxima sostenible. Al presente se realiza un detenido estudio sobre aquellos aspectos de la biología y hábitos de las especies de atún, cuyo conocimiento se requiere para hacer recomendaciones efectivas y eficientes sobre conservación, cuando sean necesarias.

Programa de investigaciones

Un mayor aumento de los fondos destinados a la investigación durante 1956, ha hecho posible un progreso más rápido en los trabajos ya comenzados, así como iniciar otros estudios. Al presente, el personal se encuentra dedicado a todas las diversas líneas de investigación necesarias para la obtención de los datos que son indispensables a la Comisión para llenar las obligaciones que la Convención estipula.

Gran parte del trabajo de la Comisión se realiza en cooperación con científicos de la Institución Scripps de Oceanografía, lo que hace posible efectuar estudios más completos a un costo más bajo de lo que podría hacerse de otra manera. El personal de la Comisión también mantiene contacto, y colabora en el sentido de obtener provecho mutuo, con otras entidades y oficinas gubernamentales e internacionales dedicadas a investigaciones en el Pacífico Oriental, tales como el Laboratorio de Pesquerías del Estado de California, el Laboratorio Nacional de Pesca de Panamá, el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú y otras.

Durante 1956, el trabajo de la Comisión ha comprendido las siguientas actividades:

1) Recolección, compilación y análisis de estadísticas de pesca, de los registros de bitácora de las flotas pesqueras, y de datos relacionados con los atunes y los peces de carnada.

   a) Continuación de la recolección rutinaria de dichos datos, a fin de determinar los cambios en el rendimiento, abundancia aparente, e intensidad de la pesca de atún y peces de carnada.

   b) Terminación, para su publicación, de informes sobre análisis de series históricas de las estadísticas de pesca de atún y peces de carnada.

   c) Análisis de los datos correspondientes a las pescas de atún por subdivisiones geográficas y por estaciones o temporadas.

   d) Investigación de la concentración del esfuerzo de pesca en relación con la agregación de atunes, a fin de estudiar las variaciones en su distribución y desarrollar mejores índices de abundancia.

   e) Mayor desarrollo de modelos matemáticos para su aplicación a la pesquería del atún, con el objeto de lograr estimaciones de las relaciones cuantitativas entre el esfuerzo de pesca, la abundancia y la pesca promedio sostenible.

   f) Estudio de la relación entre la intensidad de la pesca y la composición de tamaños de la población de atún aleta amarilla, de acuerdo con el número de cañas-hombres utilizados en la pesca, según los datos anotados en los registros de bitácora por los capitanes de los barcos.

2) Investigaciones sobre la historia natural, biologia, estructura de la población y hábitos del atún.

a) Continuación del programa de "mediciones en el mercado" en San Diego y San Pedro, California, para obtener datos sobre la composición de tamaños de las pescas por subáreas geográficas y estaciones o temporadas; recolección de datos suplementarios en el norte del Perú.

b) Estudios biométricos de los atunes aleta amarilla y barrilete basados en medidas de los especímenes recién pescados tomadas a bordo.

c) Estudios de los hábitos gregarios del atún.

(1) Investigación del agrupamiento por especies basada en el análisis de las anotaciones de los registros de bitácora sobre "caladas" individuales de los barcos rederos, y en los registros de la composición por especies de los cardúmenes encontrados por los barcos de carnada, según datos recogidos a bordo por nuestros científicos.

(2) Investigación sobre la agrupación por tamaños a través de la recolección de datos referentes a la composición de tamaños de cada cardumen, conseguidos por nuestros científicos a bordo de barcos pesqueros comerciales.

d) Estudio de la maduración y desove de los atunes en diferentes subáreas, basado en el examen de las gónadas de los especímenes desembarcados en puertos de los Estados Unidos de América y del norte del Perú.

e) Estudios de los huevos y larvas planctónicos del atún, para los cuales se utiliza el material recolectado en las expediciones con los barcos laboratorios.

f) Observaciones por científicos a bordo de barcos pesqueros comerciales y de embarcaciones para investigación, de las estaciones y áreas en que se presentan atunes juveniles.

g) Estudios de los hábitos alimenticios del atún, a base de las recolecciones del contenido estomacal, incidentales a otras operaciones en el mar.

h) Estudios de las variaciones geográficas observadas en las reservas y en la productividad de los organismos de la base de la cadena alimenticia, y sobre las relaciones de éstas con las regiones de concentración de las poblaciones de atún.

3) Marcación de atunes para el estudio de los movimientos migratorios y la tasa de explotación.

a) Ulterior desarrollo y mejoramiento de las marcas y las técnicas de marcación.

b) Establecimiento de un programa continuo de marcación a bordo de embarcaciones comerciales que salen de los puertos de los Estados Unidos en todas las estaciones del año.

c) Iniciación de un programa de marcación durante todo el año, a bordo de embarcaciones que tienen como base los puertos del norte del Perú.

4) Oceanografía y ecología del atún.

a) Análisis de los datos existentes sobre oceanografía física y química y sobre meteorología, para determinar la circulación general del Pacífico Este y elucidar las variaciones estacionales y anuales.

b) Investigación sobre las variaciones en la reserva y productividad de los organismos del extremo inferior de la cadena alimenticia, y su correlación con factores físicos y químicos, con particular referencia al proceso que se observa en las áreas de concentración de atunes.

c) Investigaciones hacia la caracterización de las masas de agua por medio de organismos indicadores.

d) Mayor investigación para la obtención de datos utilizables de la temperatura del mar, mediante equipos instalados a bordo de barcos pesqueros comerciales.

e) Iniciación de un programa para la colocación de instrumentos que registren continuamente la temperatura y el nivel del mar en islas alejadas del continente.

f) Participación en el planeamiento de estudios oceanográficos en el Pacífico Este durante el Año Geofísico Internacional, estudios que son de interés para nuestro programa de investigaciones.

5) Estudio sobre historia natural, estructura de la población, hábitos y ecología de los peces de carnada.

a) Continuación de las investigaciones en el terreno sobre la biología, ecología e historia natural de los stocks de anchovetas en el Golfo de Panamá; y de las observaciones en serie del régimen hidrográfico del Golfo de Panamá y de los efectos biológicos que causa.

b) Continuación de los estudios en el Golfo de Nicoya, Costa Rica, para estar informados sobre la población de anchovetas, estudiar la hidrografía del Golfo de Nicoya y obtener material para los estudios de otras especies de carnada que se encuentran en esta área.

c) Continuación de los estudios sobre reproducción y temprana historia natural de la anchoveta y de las especies que con ella tienen relación, los cuales se efectúan en el laboratorio principal y en los regionales de Puntarenas y Panamá; ampliación de las investigaciones en el laboratorio principal sobre características raciales, edad, crecimiento y épocas de desove de la anchoveta en las diversas áreas de pesca.

d) Recolecciones en otras áreas además de Panamá y Costa Rica, para suplementar el material recogido por la flota atunera.

Progreso de las investigaciones

Nos complace encontrarnos en condiciones de informar que, en julio de 1956, los fondos destinados a la Comisión fueron aumentados hasta llenar esencialmente la cantidad que se estimaba necesaria para el desarrollo del programa completo de investigaciones requerido para cumplir con las obligaciones de la Comisión ante la Convención. En consecuencia, las líneas de investigación en curso están siendo llevadas en toda la extensión programada y se han iniciado estudios adicionales que anteriormente no estábamos en capacidad de emprender. Con el refuerzo que ha recibido el personal de investigación ha sido posible completar el análisis de gran parte de los datos previamente recolectados y preparar informes sobre los resultados obtenidos. Las fases de nuestro estudio que requieren exploración en el mar han sido ampliadas considerablemente. El personal se encuentra atareado en intensos estudios sobre los movimientos migratorios del atún, sus hábitos gregarios y otros aspectos de su historia natural y costumbres, lo que se hace a bordo de embarcaciones pesqueras comerciales. Se progresa en la recolección de datos sobre oceanografía física que se consideran de utilidad, para lo cual se aprovechan también las naves pesqueras comerciales. Otros estudios han sido realizados en barcos dedicados a la investigación, y se han completado los planes para una expansión de estos estudios en dichas embarcaciones durante los primeros meses de 1957. El trabajo en el mar, a bordo de estos barcos-laboratorios, se continúa efectuando en gran proporción, en cooperación con la Institución Scripps de Oceanografía, lo que resulta mutuamente ventajoso tanto desde el punto de vista financiero como científico. La iniciación de las investigaciones en forma continua en los puertos del norte del Perú, llegó a ser posible en el otoño de 1956 gracias a la cooperación del gobierno de este país que nos permitió gentilmente destacar allí a uno de los científicos de nuestro personal quien, con la ayuda de empleados locales, realiza la tarea de marcar atunes y de recolectar durante todo el año algunos datos sobre la biología de este pez en las aguas cercanas.

Una parte muy importante del trabajo de la Comisión es la continua determinación de la abundancia de las poblaciones de peces y de la intensidad de la pesca a que están sujetas dichas poblaciones. Esto se efectúa por medio de la recolección y análisis de estadísticas de pesca, de la información de los registros de bitácora y de los datos relacionados con los detalles de las operaciones de pesca y de los resultados logrados por las flotas de barcos que operan desde los puertos de los Estados Unidos, lo que se complementa con algunos informes similares recogidos de las embarcaciones con base en los puertos de la costa occidental de la América Latina y de Puerto Rico. El volumen total de la pesca de atún por toda la pesquería se compila cada año

con la ayuda de oficinas de los Estados Unidos y de otros gobiernos. Se obtienen también estimaciones de las cantidades de cada especie de carnada pescadas en cada una de las áreas, y de los cambios de un año a otro en su abundancia relativa. Gracias a estas series de datos, que son comparados con los informes similares de años anteriores, es posible estimar los efectos de la pesca en los stocks de peces y las condiciones en que éstos se encuentran al presente.

El análisis de las series de datos históricos referentes al barrilete, indica que los niveles de esfuerzo de pesca alcanzados hasta el momento por la pesquería de esta especie han sido insuficientes como para ejercer una influencia notoria en la abundancia promedio de los stocks. Se producen variaciones bastante grandes en la abundancia aparente, pero éstas no tienen relación con el esfuerzo de pesca y, en consecuencia, deben ser atribuídas a los factores naturales.

El atún aleta amarilla, por el contrario, está sujeto a una pesca lo suficientemente intensa como para afectar marcadamente su abundancia. En los años 1952 y 1953 el esfuerzo de pesca por esta especie había alcanzado un nivel no muy por debajo del que nuestro personal científico estima ser el correspondiente a una producción máxima sostenible del conjunto de todos los stocks de dicha especie en el Pacífico Oriental. Sin embargo, en 1954, debido a factores económicos, hubo una fuerte baja en el esfuerzo de pesca, el que declinó aún más en 1955.

Las actividades en la pesca de ambas especies de atún aumentaron un poco durante 1956 una vez que, con la solución parcial de algunos de los problemas económicos, los barcos estuvieron en condiciones de operar más libremente que en el año anterior. La potencial fuerza pesquera al presente parece ser insuficiente como para causar una posible pesca excesiva o "sobrepesca", aún trabajando sin restricciones. Considerando que actualmente se observa muy poco progreso en la construcción de nuevos barcos, puede predecirse que esta situación no sufrirá ningún cambio, por lo menos durante el próximo año.

El análisis de los datos estadísticos históricos sobre las pescas de carnada ha sido terminado para su publicación. En cuanto a la anchoveta se refiere, siendo ésta la más importante de las especies de carnada, los datos referentes a los cambios en el esfuerzo de pesca y captura han sido examinados con respecto a cada una de las áreas de mayor importancia, y de este estudio se ha llegado a la conclusión de que, en el radio en que la intensidad de pesca ha sido observada, las más bien grandes variaciones en la abundancia notadas de un año a otro en diferentes áreas, son causadas por factores ajenos al esfuerzo de pesca. Con la disminución en el esfuerzo total de la pesca durante años recientes, la utilización de los recursos de carnada, consecuentemente, ha marcado una tendencia hacia abajo. Durante 1956,

cuando la pesquería de atún era relativamente más productiva en las áreas septentrionales frente a México, aumentó el empleo de la anchoa nórdica y de las especies de arenques.

Los efectos de la pesquería sobre la población de atún aleta amarilla, inferidos de los datos referentes a los cambios en la pesca por unidad de esfuerzo, han sido confirmados mediante el estudio de los cambios en la composición de tallas de las pescas, de acuerdo con el número de cañas empleadas para la captura, lo que ha sido anotado en los registros de bitácora por los capitanes o patrones de los barcos pesqueros, de 1947 a 1955. El porcentaje de peces más pequeños (pescados con una sola caña) asciende al incrementarse el esfuerzo de pesca, lo que refleja el aumento en la tasa de mortalidad debido a la intensificación de las actividades pesqueras.

Como es bien sabido, ni las poblaciones de atún ni el esfuerzo de pesca se distribuyen uniformemente en el Pacífico Oriental. Los atunes tienden a concentrarse en ciertas áreas geográficas; la localización de estas áreas y el grado de su concentración varían estacionalmente y de un año a otro. Los pescadores, en consecuencia, tratan de realizar sus actividades sobre estas concentraciones, pero el resultado promedio de sus esfuerzos varía de un año a otro. A fin de lograr índices de abundancia más completos y obtener también un entendimiento de las variaciones estacionales y anuales en los hábitos gregarios del atún y en la concentración de los pescadores, se efectúan investigaciones progresivas basadas en el estudio de la distribución geográfica de la pesca y de las actividades respectivas (esfuerzo de pesca), por estaciones y por años. Esto nos conducirá a medir la abundancia del atún en términos de densidad por unidad de área de la superficie del mar, haciendo a un lado los efectos del éxito variable de los pescadores en la concentración de sus esfuerzos sobre las concentraciones de peces.

Como se ha dicho en informes anteriores, un problema de particular importancia es la estructura de la población de los stocks de atún, es decir, hasta qué medida cada especie en el Pacífico Oriental está representada por subpoblaciones, y el grado en que cada subpoblación es independiente de la otra. Esta es una tarea bastante difícil, en parte a causa de las dificultades técnicas que envuelve, pero sobre todo porque parece que las estructuras de las poblaciones de las especies de atún son complejas. Las investigaciones que se realizan evidencian que la población de peces de tamaños comerciales de cada especie no está compuesta de un solo grupo de peces homogéneos y de rápida capacidad para entremezclarse. Al mismo tiempo, no es probable que estas poblaciones se encuentren divididas en subpoblaciones completamente distintas y que se basten a sí mismas, ya que según los resultados de las marcaciones y de otros estudios hay evidencia de mezcla entre ellas. Para lograr una clara comprensión de la naturaleza de la estructura de la población de cada una de las especies de atún, será necesario, en consecuencia, la integración de una serie de informaciones obtenidas de las diversas ramas de la investigación.

El análisis de los datos morfométricos correspondientes al atún aleta amarilla y al barrilete, aún cuando no terminado todavía, indica que hay cierta heterogeneidad entre las muestras de diferentes áreas dentro del Pacífico Este, mostrando que la mezcla de peces de distintas áreas es al menos incompleta. Como nos encontramos con diferencias de medidas algo pequeñas, y hay varias posibles causas de error en el muestreo, los resultados no son completamente claros. Será preciso obtener datos adicionales y hacer un análisis más detenido.

Durante este año se han intensificado las investigaciones para determinar los movimientos migratorios por medio de especímenes marcados. Se ha dado principal atención al mejoramiento de las marcas y de los sistemas de marcación, con el propósito de lograr una mayor recuperación de especímenes marcados. En esto se ha conseguido un progreso estimulante, pero falta hacer más todavía para lograr mejores resultados. Durante el año se marcaron y devolvieron al agua 1438 atunes aleta amarilla y 3068 barriletes, en viajes a bordo de barcos atuneros que operan con base en puertos de los Estados Unidos. Al final del año se habían recobrado 42 de los primeros y 33 de los segundos. Por supuesto, la mayor parte de éstos eran especímenes liberados recientemente, ya que muchos de los peces marcados no han estado todavía mucho tiempo en libertad. Algunos de los peces recuperados habían emigrado a considerable distancia de los puntos en que fueron devueltos al agua; hasta 550 millas. Al mismo tiempo, sin embargo, después de once meses de marcados, se recobraron cinco peces a unas pocas millas del punto de su liberación, la que podría indicar una pauta regular anual de migración susceptible de repetirse, o podría pensarse también que estos peces no se habían alejado mucho en ese período de tiempo. Hasta que no tengamos un gran número de especímenes recuperados, incluyendo peces con largo tiempo en el mar después de marcados, no podremos hacer especulaciones acerca de las pautas migratorias de estas especies. Sin embargo, parece probable que un extenso e ininterrumpido programa de marcación nos ha de proporcionar mucha información vital para resolver los problemas migratorios y los que presenta la estructura de la población.

En setiembre de 1956 se comenzó también un programa de marcación de atunes en barcos con base en Paita y Máncora, Perú. Estas embarcaciones trabajan durante todo el año frente a la parte norte de Sudamérica, en tanto que los pesqueros con base en los Estados Unidos sólo operan allí parte del año. Lo cooperación del Gobierno del Perú al permitir que se efectúe este trabajo se considera muy valiosa porque con ello se logra que la marcación de atún se haga durante todo el año. En los primeros cuatro meses de labores allí, se marcaron y echaron al agua 331 atunes aleta amarilla y 1006 barriletes.

Otro de los medios para investigar la estructura de la población de los atunes, es el estudio de las variaciones temporales y geográficas en la com-

posición de tamaños de las pescas comerciales en una serie de años. La recolección sistemática de los datos correspondientes se comenzó al final de 1954 y ha sido continuada regularmente para obtener, hasta donde sea posible, estimaciones de la composición de tamaños de las pescas de cada una de las doce subdivisiones geográficas en intervalos de un mes. Esto no sólo comprende la medición de muchos miles de especímenes cada año, sino también el escoger las muestras a medirse de tal modo que se logre una representación digna de confianza de la verdadera composición de tamaños en cualquier estrato de tiempo y lugar. Sobre la base de las muestras recogidas rutinariamente durante 1955, suplementadas con algunos muestreos especiales, se ha terminado un análisis conducente a un sistema de muestreo que proporcione en una forma eficiente el grado de precisión requerido.

Las investigaciones de las temporadas y áreas de desove de los atunes, sobre lo que nos ocuparemos con mayor detalle más adelante, son también de valor en la elucidación de las relaciones de la población, porque cada unidad de población que se basta a sí misma debe incluir individuos que se reproducen. El conocimiento de las épocas de desove en las diferentes áreas, considerado junto con los datos sobre composición de tamaños, los resultados de las marcaciones y las estadísticas de pesca es, consecuentemente, de valor en el ataque de este, en cierto modo, recalcitrante problema.

Varios aspectos adicionales de la historia natural y biología de los atunes son de importancia como base para la correcta interpretación de las estadísticas de pesca, para lograr un claro discernimiento de la dinámica de la pesquería y como fundamento para efectivas medidas de conservación cuando éstas sean requeridas.

El conocimiento de las tasas de crecimiento y edades de los atunes de tamaños comerciales se obtiene mediante el estudio de la progresión temporal de los tamaños modales en las curvas de composición de tamaños obtenidas mediante el programa de "mediciones en el mercado" que se cumple sistemáticamente. Tomando en cuenta los porcentajes de la composición de tamaños de la pesca, la tasa de crecimiento y la abundancia estimada de conformidad con las estadísticas de pesca, es también posible hacer estimaciones de las tasa de mortalidad. Del mismo modo, de las variaciones de un año a otro en la composición de tamaños de la pesca comercial, consideradas junto con la información sobre la tasa de crecimiento y la pesca por unidad de esfuerzo, es posible determinar la presencia de clases anuales dominantes, lo cual, en algunas perquerías, es una fuente importante de variación en la abundancia, independiente de la pesquería. Para este último propósito, el personal científico se encuentra dedicado a la recolección de los datos básicos requeridos; se necesitará una recolección de tales datos durante varios años, antes de llegar a conclusiones de utilidad en nuestro estudio.

Las áreas y épocas de desove de las especies de atún se investigan mediante dos métodos: del examen sistemático de las gónadas de los peces

adultos de las pescas comerciales, se infiere las épocas y áreas en que se presentan hembras madurando, maduras y gastadas, y ésto nos proporciona una base para determinar las estaciones y localidades del desove. De los huevos y larvas recién nacidas que se logran en los arrastres con mangas planctónicas se pueden obtener mayores datos sobre este asunto. Larvas de mayor tamaño y ejemplares juveniles de atún se recogen también con red de mano y luz durante la noche, ya que éstos son positivamente fototrópicos hasta un tamaño de varios centímetros.

El conocimiento de los hábitos gregarios del atún es de importancia para la interpretación de los datos sobre la composición de tamaños de los desembarques comerciales y para algunos análisis de las estadísticas de pesca. Será también de gran importancia para la implantación de reglamentos de pesca cuando sean requeridos, porque parece que será necesario controlar selectivamente la pesca de las dos especies, ya que el atún aleta amarilla se encuentra en un estado de mayor avance de explotación que el barrilete. Se han completado estudios respecto al grado de agrupación por especies, revelado por las anotaciones sobre los resultados de cada operación de pesca de los barcos rederos, según aparecen en los registros de bitácora. Estos demuestran que un gran porcentaje de los cardúmenes encontrados son puros, formados por una sola especie, o con una mezcla insignificante de la otra especie. Durante el año, en viajes dedicados a la marcación de atún, nuestros científicos han recogidos observaciones sobre la composición por especies de cardúmenes individuales pescados por los clípers. Estos datos proporcionan resultados muy similares a los obtenidos de los registros de bitácora de las embarcaciones rederas, con la excepción de que tal vez los clípers pescan un porcentaje algo más alto de cardúmenes mezclados. Se continúa recogiendo en forma ininterrumpida datos adicionales con respecto a ambos sistemas de pesca.

El atún tiende también a agruparse por tamaños. Para determinar esta tendencia, los científicos a bordo de barcos pesqueros comerciales acumulan continuamente datos sobre la composición de tamaños de cada cardumen en diferentes áreas y épocas.

Los hábitos alimenticios del atún son estudiados mediante el examen del contenido estomacal de especímenes recién pescados en los barcos pesqueros comerciales. Este trabajo se hace ocasionalmente durante otras investigaciones. El examen del contenido estomacal, que al presente ha sido completado, confirma las conclusiones sacadas de investigaciones anteriores en otras partes del Pacifico, en cuanto a que el atún es omnívoro: consume una amplia variedad de organismos, desde muy pequeños crustáceos hasta grandes cefalópodos y peces. Es probable que la cantidad de alimento disponible sea de mucho mayor importancia que su particular composición.

El atún es un pez completamente pelágico en todos los estados de su historia natural y, en consecuencia, las variaciones en las propiedades

del ambiente oceánico ejercen una fuerte influencia sobre él. De manera que, para comprender propiamente su historia natural, costumbres y conocer la estructura de la población, así como para llegar a explicarnos provechosamente las fluctuaciones en su abundancia y disponibilidad para la pesquería, ajenas a la intensidad de las actividades pesqueras, es necesario estudiar las características físicas y biológicas del medio oceánico. Durante el año pasado, el personal de la Comisión ha continuado e intensificado algo estos estudios.

Un análisis de los datos físicos y químicos obtenidos en la expedición "Shellback" de 1952, considerando también los recolectados en expediciones anteriores, ha sido terminado por los miembros de nuestro personal científico en cooperación con los de la Institución Scripps de Oceanografía. Datos físicos y químicos de la expedición "Eastropic" de 1955 han sido procesados y distribuídos en un informe para el conocimiento de otros oceanógrafos interesados, y estudios analíticos de los datos se llevan a cabo por miembros de nuestro personal y de científicos de la Institución Scripps.

Una parte importante del trabajo realizado durante la expedición "Eastropic", fué el de investigar en gran escala la cantidad de organismos del fitoplancton y zooplancton en la base de la cadena alimenticia, y determinar la tasa de la producción primaria fotosintética en las diferentes áreas. Estos datos y algunas de sus relaciones con la hidrografía general y con la presencia de concentraciones de atún, fueron estudiados durante el año y un informe sobre los resultados se preparó para su publicación.

Durante el año también se comenzó el trabajo para la identificación de las masas de agua por medio de especies características en el zooplancton. Para comenzar se usó el material recogido durante la expedición "Eastropic".

Creemos que los datos recolectados en estas expediciones son bastante adecuados como para proporcionar una descripción general de la circulación oceánica y la distribución de las propiedades físicas, químicas y biológicas en la región de nuestro estudio. El futuro desarrollo de estas investigaciones tenderá hacia la determinación de las variaciones temporales y al conocimiento de los procesos oceanográficos y biológicos en importantes localidades de especial interés. Se ha hecho un comienzo en ambas clases de estudios.

Durante noviembre y diciembre de 1956 se efectuó la expedición "Scope," en la que participó personal de la Institución Scripps y de la Comisión del Atún, con la ayuda del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos. En esta expedición se obtuvieron más medidas de la cantidad de zooplancton y fitoplancton en la región entre Baja California y Panamá, junto con medidas de los asociados factores físicos y químicos. Un objetivo adicional, pero de importancia, fué el estudio especial en la región de la anticlina termal frente a Centroamérica que es un área del mar abun-

dantemente productiva y un centro importante de concentración de atún, para medir muy detalladamente la distribución de las propiedades físicas, químicas y biológicas, como base para elucidar el proceso por el cual se mantiene una mayor productividad en aquella área.

Durante este año, a bordo de barcos atuneros, se comenzó la investigación sobre la posibilidad de obtener datos utilizables sobre la temperatura del océano, mediante un continuo registro termográfico de la superficie y el empleo de batitermógrafos. Se han logrado alentadores resultados con los aparatos registradores de la temperatura superficial, ya que operan con muy poco esfuerzo y proveen información que muchos pescadores consideran de inmediata utilidad. Los batitermógrafos para el registro de los perfiles verticales de la temperatura ofrecen más dificultad para su operación; los resultados iniciales han sido desalentadores, excepto en los casos en que los propios miembros de nuestro personal científico han estado a bordo encargados del funcionamiento del equipo.

Para obtener registros continuos de la temperatura del mar y recoger otros datos en localidades específicas, se consideran al presente dos posibilidades: la instalación de instrumentos en islas alejadas de la costa y el uso de instrumentos en boyas ancladas. Con respecto a lo primero, un registrador del nivel del mar y de la temperatura por un largo período de tiempo ha sido sometido a pruebas y se ha hecho recientemente una instalación en la Isla Clipperton. También se ha progresado en los arreglos para la instalación de un equipo similar en las Islas Galápagos y en las Revilla Gigedo. Este programa se desarrolla en cooperación con la Institución Scripps y tiene conexión, en parte, con el programa del Año Geofísico Internacional. El empleo de instrumentos sujetos a boyas ancladas se encuentra todavía en proyecto.

La investigación sobre los peces de carnada continúa concentrada principalmente en la biología, ecología y dinámica de las poblaciones de anchoveta, que es la más importante de las especies de carnada para el atún. En nuestro laboratorio central se dió especial énfasis durante el año a la interpretación y preparación, para su publicación, de la gran cantidad de información recogida en varios años sobre las características raciales, composición de edades, tasa de crecimiento y épocas de desove de esta especie en cada una de las más importantes áreas de pesca de carnada. También se dió término, igualmente para ser publicado, a un estudio sobre datos estadísticos de las pescas de carnada anotadas en los registros de bitácora de los barcos hasta 1954; a ésto ya nos hemos referido anteriormente.

El estudio de los estados de los huevos y larvas y del temprano desarrollo de la anchoveta constituye, en cierto modo, un duro problema por la dificultad que existe en distinguir estos estados en dicho pez de los de otras numerosas especies de anchoas que se presentan en las mismas lo-

calidades. Sin embargo, este es un problema que debe ser solucionado antes de que el desove y los primeros pasos de la historia natural de la anchoveta puedan ser estudiados en detalle. Un científico de nuestro personal encargado de este problema trabajó la mayor parte del año con material ya recolectado en el laboratorio central, suplementado por recolecciones especiales procedentes de diversas áreas de desove. Durante la época reciente de desove (octubre-diciembre) él ha fectuado estudios especiales en el propio terreno en Panamá. Se considera que ya tenemos a mano suficiente material como para llevar a cabo esta tarea durante el próximo año.

En el laboratorio de Panamá se continuaron durante el año los estudios de varios aspectos de la historia natural y ecología de la anchoveta en el Golfo de Panamá, y se inició la preparación de algunos de los resultados para su publicación. También se continuó la serie de observaciones bisemanales, en una estación establecida en el Golfo, de las propiedades físicas, químicas y biológicas para elucidar los efectos del afloramiento. Estos datos tienen correlación con los registros continuos de la temperatura y el nivel del mar y con los factores meteorológicos anotados por la Compañía del Canal de Panamá en Balboa. Se espera que en el curso de unos pocos años estas observaciones nos conduzcan al conocimiento de las variaciones en la población de anchovetas del Golfo.

En la última parte del año se comenzó también un análisis de la serie de datos de cincuenta años sobre el nivel y temperatura del mar y sobre los vientos en Balboa, a fin de determinar si han existido algunas tendencias de larga duración o cambios cíclicos en estos factores, lo que podría constituir una base para un pronóstico útil acerca del volumen del afloramiento. El estudio no ha sido terminado todavía; sin embargo, parece existir una tendencia secular de larga duración y también alguna evidencia de cambios cíclicos, pero su valor para el pronóstico resulta pobre, a causa de la presencia de un componente fortuito de gran magnitud.

En nuestro laboratorio de Costa Rica, en el Golfo de Nicoya, se hicieron observaciones todo el año con respecto a la aparición y distribución de anchovetas y otras especies de peces engráulidos y clupeidos. A pesar de que las anchovetas fueron más numerosas que en el año anterior, desgraciadamente el crecimiento de la población se efectúa muy despaciosamente y se mantiene muy lejos de un volumen que pueda ser utilizable. Algunas otras especies son mucho más abundantes.

A intervalos durante el año también se efectuaron observaciones sobre factores hidrográficos en varias de las estaciones localizadas en el Golfo de Nicoya. La hidrografía del Golfo es bien diferente a la del Golfo de Panamá; no se produce un afloramiento acentuado, y los cambios estacionales, aparentemente, están más relacionados con el ciclo anual de precipitación que con los vientos.

En el informe del Director de Investigaciones, que aparece agregado a éste como Apéndice A, se dan más detalles sobre los estudios de la Comisión durante 1956.

Publicación de los resultados de las investigaciones

Una parte cada vez mayor del tiempo de los miembros de nuestro personal científico se dedica a la preparación de informes, para su publicación, sobre los resultados de las investigaciones, según el progreso que se va alcanzando en las diversas líneas de estudio. Durante 1956 quedaron terminados varios informes para ser publicados en la serie de Boletines. Los dos primeros de la siguiente lista han sido ya impresos; los otros serán editados a principios de 1957:

Boletín, Volumen I, Número 7—"Estudio sobre los cambios en el esfuerzo de pesca, abundancia y rendimiento del atún aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico Oriental Tropical" por Bell M. Shimada y Milner B. Schaefer (en inglés y español).

Boletín, Volumen II, Número 1—"Cambios ocurridos, entre 1947 y 1955, en la población del atún aleta amarilla de la zona tropical del Pacífico Oriental en lo que se refiere al tamaño de los individuos que la integran" por Gordon C. Broadhead (en inglés y español).

Boletín, Volumen II, Número 2—"Estudio de la pesquería de peces de carnada para el atún en el Pacífico Oriental, con particular referencia a la anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)*" por Franklin G. Alverson (en inglés y español).

Boletín, Volumen II, Número 3—"Hábitos gregarios del atún aleta amarilla *(Neothunnus macropterus)* y del barrilete *(Katsuwonus pelamis)* en el Océano Pacífico Oriental, según los registros de pesca con redes de encierre, 1946-1955" por Craig J. Orange, Milner B. Schaefer y Fred M. Larmie (en inglés y español).

Boletín, Volumen II, Número 4—"Producción primaria, clorofila, y volúmenes del zooplancton en la zona tropical del Océano Pacífico Oriental" por Robert W. Holmes, Milner B. Schaefer y Bell M. Shimada (en inglés y español).

Además de estas publicaciones, tres estudios de miembros de nuestro personal científico fueron publicados durante el año en otras revistas (ver Informe del Director de Investigaciones, página 112).

Conferencia Interamericana sobre Conservación de Recursos Naturales

En Ciudad Trujillo, República Dominicana, del 15 al 28 de marzo de 1956, bajo los auspicios de la Organización de los Estados Americanos, se efectuó una "Conferencia Especializada Interamericana sobre Conservación de los Recursos Naturales: Plataforma Submarina y Aguas del Mar". Por invitación de la Organización de los Estados Americanos, la Comisión Interamericana del Atún Tropical envió a esta Conferencia a su Direc-

tor de Investigaciones como observador, quien presentó dos trabajos acerca de la labor que efectúa la Comisión y de la situación actual de los recursos de atún y de las especies que sirven de carnada para la pesca de éste en el Océano Pacífico Oriental.

Academia Nacional del Comité de Ciencias sobre los Efectos Biológicos de las Radiaciones Atómicas en la Oceanografía y Pesquerías

A solicitud de la Academia Nacional de Ciencias—Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos, el Dr. Schaefer prestó sus servicios durante el año en un Comité bajo la presidencia del Dr. Roger Revelle de la Institución Scripps de Oceanografía, para estudiar los Efectos Biológicos de las Radiaciones Atómicas en la Oceanografía y Pesquerías. El Comité se reunió varias veces durante el año, y preparó varios informes detallados sobre diversos aspectos del asunto. Un informe resumido de las conclusiones del Comité fué publicado en junio de 1956. Los informes detallados se publicarán próximamente.

Reunión Anual

La Comisión efectuó su reunión anual en San Diego, California, el 30 de julio de 1956. Se procedió en la forma siguiente:

1) El Informe Anual correspondiente al año 1955 se aprobó para su publicación.

2) Se hizo una revisión de la investigación en marcha y se discutió y aprobó el programa de investigaciones para el año fiscal 1956-1957.

3) Se discutió el programa sobre futuras investigaciones necesarias para llevar a cabo las tareas que la Comisión debe realizar según la Convención y requerimientos del presupuesto. Para el año fiscal 1957-1958 se recomendó a los Gobiernos Miembros un programa cuyo cumplimiento requiere la suma de $352,700.00.

4) Se acordó, sobre la base de la información corriente con respecto a la utilización de atún aleta amarilla y barrilete en los respectivos países, que los gastos conjuntos de la Comisión para el año fiscal 1957-1958 deberían distribuirse en la siguiente proporción: Estados Unidos, el 99.7%; Costa Rica, el 0.3%; Panamá, la contribución mínima de $500.00.

5) Se consideró, en principio, un plan de retiro que prepara el Gobierno de los Estados Unidos para los empleados de las Comisiones Internacionales de Pesquerías, una de las cuales es la Comisión del Atún. Se aprobó la idea en general y el Director de Investigaciones fué autorizado para ponerse de acuerdo con el Departamento de Estado de los Estados Unidos sobre los detalles de una proposición específica, para ser sometida por escrito a los Comisionados para posterior consideración.

6) Se debatió una proposición a fin de conceder anualmente becas en beneficio de un estudiante de cada uno de los países miembros, para el

estudio de oceanografía en los Estados Unidos. Se pidió al Director de Investigaciones que consiguiera información en cuanto a becas existentes en otras organizaciones o entidades, y acerca de la posibilidad de lograr candidatos competentes, asuntos que la Comisión consideraría detalladamente en la próxima reunión anual.

7) El Sr. Gordon W. Sloan, de los Estados Unidos, y el Sr. Miguel A. Corro, de Panamá, fueron elegidos Presidente y Secretario de la Comisión, respectivamente, para el período anual inmediato.

8) Se acordó efectuar la próxima reunión anual en San José, Costa Rica, el 5 de marzo de 1957. (La fecha se cambió posteriormente, por intercambio de correspondencia, al 12 del mismo mes de marzo).

Como consecuencia del aumento durante la última parte del año 1956 de los fondos destinados a las investigaciones, el programa de trabajo de la Comisión se desarrolla sobre una base que ahora sí se estima adecuada para que nuestro organismo pueda llenar los deberes que le señala la convención, en un razonable espacio de tiempo. Se ha continuado el trabajo en cooperación con otras entidades, incluyendo el Laboratorio de Pesquerías del Estado de California y la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de California, lo que ha permitido que las investigaciones se lleven adelante con más efectividad de lo que en otra forma habría sido posible. Los continuos arreglos cooperativos con esta última entidad, particularmente en cuanto al uso de sus facilidades para las investigaciones a bordo, han sido especialmente favorables a la Comisión.

Aún cuando el volumen de la pesca aumentó un poco durante 1956 comparado con el año anterior, no se considera que la presente capacidad de pesca de la flota sea tal como para ocasionar una "sobrepesca" o pesca excesiva en ninguno de los stocks más importantes de peces de carnada, ni tampoco en los de las especies de atún tropical. En consecuencia, al presente no hay necesidad de hacer recomendaciones sobre conservación. Sin embargo, en el caso de que se presentara un notable aumento en la intensidad de la pesca, sería necesario hacer tales recomendaciones con respecto al atún aleta amarilla que al presente está siendo pescado a un nivel que no está muy lejano del punto estimado como de máximo rendimiento sostenible.

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Gordon W. Sloan, Presidente
Eugene D. Bennett
Lee F. Payne
John L. Farley
José L. Cardona-Cooper
Virgilio Aguiluz
Victor Nigro
Domingo A. Díaz
Walter Myers, Jr.
Miguel A. Corro, Secretario

APPENDIX A

REPORT ON THE INVESTIGATIONS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION FOR THE YEAR 1956

By

Milner B. Schaefer, Director of Investigations

The purpose of the Inter-American Tropical Tuna Commission is the gathering and interpretation of factual information to facilitate maintaining the populations of tunas and tuna bait-fishes at levels which will permit maximum sustained catch year after year. The Convention authorizes and directs the Commission to conduct all of the kinds of research necessary for this purpose, to publish on the results, and to make, from time to time, recommendations, based on the scientific investigations, as to joint action by the member governments to maintain the fish population covered by the Convention at those levels of abundance which will permit maximum sustained catch.

In order to conduct the required investigations, the Commission employs a staff of scientists, which is pursuing studies along several avenues of research, each a part of a comprehensive program of investigations of the biology, ecology, and population dynamics of the fish populations covered by the Convention, in order to determine the effects both of fishing and of natural factors on these populations and on the catches that can be made from them.

Until this year, it has not been possible fully to implement the comprehensive program adopted by the Commission and recommended to the member governments. While some work was done along all of the several lines of investigation constituting the program, some of them were pursued on an inadequate basis. With an increase in funds during the latter part of 1956 to the full amount recommended by the Commission, it is now possible to conduct all of the required research, so far at least as can now be foreseen, on an adequate scale. It has, in particular, been possible to increase our progress on the analysis of accumulated data and preparation of reports thereon for publication; to pursue more intensively research on the life history, behavior, and population structure of each tuna species, especially by means of tagging; and to expand the studies in physical, chemical, and biological oceanography and other research pertinent to the tuna's ecology.

During 1956 we have continued on a routine basis the compilation and analysis of logbook information, catch statistics, and related information on the operations and results of the fishing fleets, which provide the fundamental basis for determining the effects of fishing on the tuna and bait

resources. Additional research is in progress to provide improved indices of abundance, discounting effect of temporal changes in the aggregation habits of the fish and fishermen. Research on mathematical models of the fishery and their application to the yellowfin tuna have provided improved estimates of the average sustainable yield from this resource at different levels of fishing effort, the approximate level of average maximum sustainable yield, and the confidence limits on the estimates. Research effort has been increased on elucidating the migration and population structure of the tunas, and on those aspects of their life history and behavior most important to understanding their population dynamics and to providing a sound basis for conservation regulations. There is in continuing operation a program of assessing the size composition of the commercial catches which, among other things, provides an independent basis of assessing the effects of fishing on the stocks, and a basis of determining the effects of variable success in reproduction in causing fishery-independent variations in the stocks due to variations in recruitment of the youngest age class. Investigations of the physical, chemical and biological oceanography of the Eastern Pacific, with special reference to those phenomena related to temporal and geographical variations in the distribution and abundance of the tuna populations, have continued to be conducted in close cooperation with scientists of the Scripps Institution, which makes for more rapid progress at much lower cost to the Commission than would otherwise be possible.

Research on the bait species continues to be concentrated primarily on the tropical anchoveta, which is the most important to the tuna fishery of the several species used for tuna-bait, and which is the bait species of primary concern to the present member governments. Research on the biology, life history, ecology, and population dynamics of the anchoveta, and limited research on other bait species, are being carried forward both at the headquarters laboratory and at regional laboratories in Costa Rica and Panama.

We wish, once again, to acknowledge the very material assistance of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California, through the provision of office and laboratory space, the use of its facilities, and the active cooperation of the members of its Faculty.

Investigations during 1956 have included the following activities:

1. Compilation of current statistics of total catch, amount and success of fishing, and abundance of the fish populations

Fundamentally important to all phases of the Commission's research are measurements of the abundance of the fish populations supporting the fishery, the magnitude of the catches taken from these resources, and the amount of fishing effort employed in taking the harvests. Such data provide the basic information for investigating the effects of fishing on the

resources, and for keeping the Commission and the member governments informed of their current condition. They are also necessary for the interpretation of the results of the other researches in terms of the ecology of the fish populations. Such data are obtained on a continuing, current basis from the detailed records of the fishery. The staff maintains a system of collection, compilation and analysis of data on the total catch of each tuna species from all parts of the Eastern Tropical Pacific, and of information from a very large sample of the fishing fleets respecting the areas of fishing, dates of fishing, fishing effort employed, and the amounts of the resulting catches of each species, for both tunas and bait fishes.

There are few fisheries in the world for which such complete and detailed statistical information is available.

Statistics of total catch of tuna

The total catch of each tuna species from the entire Eastern Pacific is compiled each year from a number of sources, as described in previous reports. The resulting estimates are believed to be essentially complete, except for negligible quantities, consumed in countries other than the United States, for which data are not available. In Table 1 are shown the total landings of each species from the Eastern Pacific Ocean for each year since 1940. Shown separately are the quantities landed in the United States or transshipped to the United States as frozen tuna. Since, in recent years, these quantities constitute over 95% of the total catch from the Eastern Pacific, they are a good index to total production.

It may be seen that the total harvest of yellowfin tuna increased considerably in 1956. This increase is attributable to an increase in fishing effort, due to the ability of the fleets to operate more freely in 1956 than in the previous two years, and a relatively good abundance of the yellowfin tuna population resulting from the accumulation of stocks associated with the lowered fishing effort in 1954 and 1955. As will be shown below, the increased fishing effort and catch was, as might be expected, associated with some decline in the abundance, measured by the catch-per-day's-fishing of the clipper fleet.

The landings of skipjack also increased during 1956, but to a lesser extent than yellowfin tuna, despite the fact that the average abundance of skipjack, measured by the catch-per-day's-fishing of the clipper fleet, appears to have been slightly higher than the previous year. The primary source of this discrepancy is the purse seine fleet, which experienced increased success of fishing for yellowfin tuna and decreased success of skipjack fishing in 1956. At least part of the decrease in skipjack landings by purse seiners results from the fact that these vessels concentrated their efforts to a greater degree in 1956 in the more northerly part of the fishery, where they normally capture a higher percentage of yellowfin tuna

TABLE 1. CATCH OF YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA FROM THE EASTERN PACIFIC OCEAN

1940-1956, *in millions of pounds.*

	Landed in or transshipped frozen to United States*				Total Catch, Eastern Pacific				
Year	Yellowfin	Skipjack	Not identified by species	Total	Yellowfin	Skipjack	Not identified by species	Total	% Yellowfin
1940	113.9	56.6	....	170.5	114.6	57.6	....	172.2	67
1941	76.7	25.6	....	102.3	76.8	25.8	....	102.6	75
1942	41.5	38.7	....	80.2	42.0	39.0	....	81.0	52
1943	49.3	28.9	....	78.2	50.1	29.4	....	79.5	63
1944	63.1	30.0	1.1	94.3	64.1	31.2	1.1	96.4	66
1945	87.3	33.3	....	120.6	89.2	34.0	....	123.2	72
1946	128.4	41.5	....	169.9	129.7	42.5	....	172.2	75
1947	154.8	52.9	....	207.8	160.1	53.5	....	213.6	75
1948	199.8	60.9	0.2	260.9	200.3	61.5	7.3	269.1	76
1949	191.7	80.6	1.2	273.5	192.5	81.0	9.2	282.7	70
1950	204.7	126.8	....	331.5	224.8	129.3	....	354.1	63
1951	181.8	118.3	3.7	303.9	183.7	121.1	3.7	308.5	60
1952	191.3	89.2	2.8	283.3	192.2	90.8	4.5	287.5	68
1953	138.3	133.6	....	271.9	138.9	133.7	1.6	274.2	51
1954	135.0	172.2	0.1	307.3	138.6	173.7	1.5	313.8	44
1955	135.4	127.1	....	262.5	140.9	128.0	....	268.9	52
1956	169.0	148.5	....	317.5	177.0	150.3	....	327.3	54

*Including Puerto Rico

than further south. The transshipments of seiner catches from Latin American ports decreased markedly, and some vessels which had been based in Peru and elsewhere returned to fish from California ports.

Geographically, the fishery was rather similar to that in 1955. Although detailed tabulations of geographical origin of the catches has not yet been completed, it appears that the tunas were encountered in relatively greater abundance in the northern part of their range in both 1955 and 1956 than in the years immediately preceding.

TABLE 2. PERCENTAGE, BY SPECIES, OF LANDINGS OF CALIFORNIA BASED VESSELS THAT WAS CAUGHT BY CLIPPERS

Year	Yellowfin	Skipjack
1948	81.9	92.3
1949	86.6	94.1
1950	80.6	89.6
1951	90.8	88.7
1952	82.8	87.2
1953	73.1	90.8
1954	85.9	87.8
1955	77.8	88.8
1956	72.9	95.3

The greatest share of the catch of both tuna species is made by clippers, which use live bait to attract the fish and pole-and-line to catch them. During 1956 the share of yellowfin tuna taken by seiners remained well above the average for recent years (Table 2), while the share of the skipjack taken was below normal. Three factors are probably responsible for this: (1) As in 1955, but to a much lesser extent, the clippers were curtailed in their operations, and the curtailment came late in the year when many of the seiners turn to other fisheries. (2) The seiner fleet conducted a greater share of its fishing to the northerly areas of Baja California and the Mexican mainland where a greater percentage of yellowfin is captured by seiners than on their more southern grounds. (3) The availability to capture of skipjack to the seiners was probably lower than average in the northerly areas.

Measurement of changes in abundance of tunas

From the logbook records of a very large sample of the fleet of tuna clippers, there is computed each year the catch-per-day's-fishing, which is a measurement of the abundance of each tuna species as encountered, on the average, by the fishermen. These figures of apparent abundance may not always be proportional to the true abundance of the species in the sea, because of variable availability to capture but, since such variations average out over a series of years, the trends are meaningful in terms of true abundance.

The average catch-per-day's-fishing is computed, for each tuna species, for each of the size-classes of tuna clippers. By applying correction factors for the relative average efficiency of vessels in each size-class, the data are also combined to obtain a single estimate of apparent abundance in terms of the catch-per-day's-fishing of a size (class 4) taken as a standard. Such estimates, for each species, for the years 1951 through 1956 are shown in Figure 1.

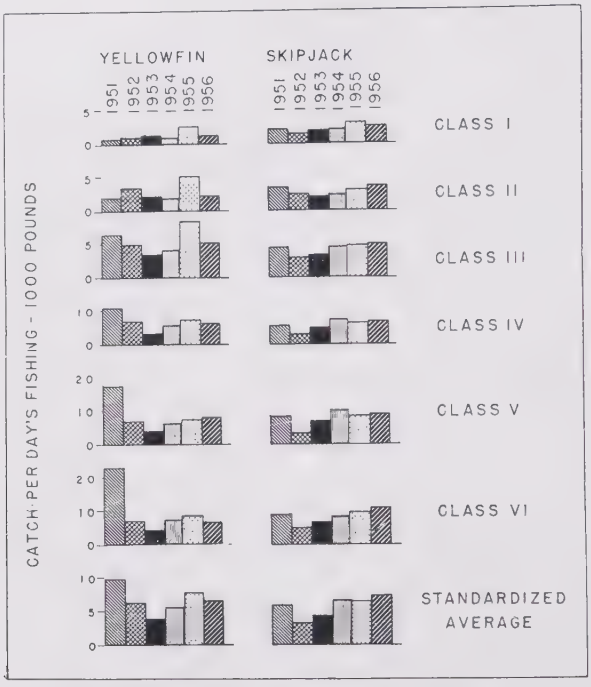

FIGURE 1. Catch-per-day-of-tuna-fishing, by species and vessel size-class, for clippers, 1951-1956.

It may be seen that the apparent abundance of yellowfin tuna decreased from 1955 to 1956 for all size-classes, except class 5, but remained generally above the values for 1954. One of the reasons for the better showing of class 5 vessels is the addition to the fleet in 1956 of several new and highly efficient vessels of this class. In subsequent analysis, employing efficiency factors calculated for each year, this will be taken care of in the computing processes. The decline in average apparent abundance in 1956 is believed to reflect a decrease in true abundance associated with increased fishing effort. These changes are quite in accordance with expectations from mathematical models of the dynamics of the fishery.

1956 Bait catch statistics

Vessels which capture tunas by the use of live bait land the major share of the catch from the Eastern Pacific each year. Accurate records

of the amounts of each kind of baitfish taken, and the locality of capture, were obtained for approximately 95 percent of all trips made during 1956 by vessels based in California ports, and, in addition, similar information was collected for the majority of trips made to the Eastern Pacific by vessels based in Puerto Rico. Prior to 1956, the very few vessels based in Puerto Rico were not included in our logbook system. During this year, however, a sizable number of craft have been based there, and arrangements have, therefore, been made to include them.

Since the staff cannot obtain data on all trips of all vessels, we must estimate the amounts of each kind of bait used by those vessels for which we do not obtain logbook information. To do this, it is assumed that the ratio of the amount of each kind of bait used, to the quantity of tuna caught, by such vessels is the same as that for vessels for which we do obtain complete logbook data. The unknown quantities of bait can then be estimated from the known quantities of tuna landed by such vessels. These estimates, added to the amounts of bait logged, give the approximate total catch of bait by the entire fleet.

The estimated total quantities of each of the several kinds of bait used in 1956 are tabulated in Table 3, with comparative data for 1952-1955. Data for earlier years will be found in the Annual Report for 1955. Although these statistics do not include bait taken by some vessels based in Latin America, for which we do not have logbook data, nor do they include the catches of small California vessels which fish seasonally and sporadically, they represent the great bulk of the bait catch.

The total quantity of bait used increased from 2,586,000 scoops in 1955 to 3,658,000 scoops in 1956. This appreciable increase is, of course, due to the greater fishing effort already noted above.

The anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* was, as in previous years, the most important species in 1956, comprising 46 percent of all bait taken. Over half of the anchoveta catch was made at Guaymas, Mexico, and in the Gulf of Panama.

Since tuna fishing off Mexico was relatively attractive to the fleet in 1956, the catches of California sardine and northern anchovy accounted again for a high percentage of the total. Relatively unproductive tuna fishing in the extreme southern areas is reflected in the lack of any large increase in the catch of southern anchovy, despite favorable licensing arrangements in Peru, and in the very small catch of sardines in the Galapagos Islands. The percentage of utilization of the latter species represents a historical low for the period 1946-1956.

2. Compilation and analysis of historical data on tunas

The priority task of determining the reactions of the populations of Eastern Pacific yellowfin and skipjack tuna to different amounts of fish-

TABLE 3. ESTIMATED AMOUNTS* AND PERCENTAGES OF KINDS OF BAIT FISHES TAKEN FROM 1952 TO 1956 BY CLIPPERS**.

	1952		1953		1954		1955		1956	
	Amount	Percent	Amount	Percent	Amount	Percent	Amount	Percent	Amount	Percent
Anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)*	2,542	59.5	1,618	37.2	1,820	46.3	1,321	51.0	1,667	45.6
California sardine *(Sardinops caerulea)*	286	6.7	413	9.5	203	5.2	541	20.9	362	9.9
Galapagos sardine *(Sardinops sagax)*	596	14.0	1,145	26.3	590	15.0	247	9.6	152	4.2
Northern anchovy *(Engraulis mordax)*	577	13.5	814	18.7	604	15.4	159	6.2	594	16.2
Southern anchovy *(Engraulis ringens)*	.....	.....	36	0.8	553	14.1	214	8.3	355	9.7
California sardine and Northern anchovy mixed and not separately identified	53	1.2	168	3.9	65	1.7	9	0.4	38	1.0
Herring *(Opisthonema, Harengula)*	124	2.9	88	2.0	49	1.2	49	1.9	368	10.1
Salima *(Xenocys jessiae)*	51	1.2	31	0.7	23	0.6	21	0.8	27	0.7
Miscellaneous and unidentified	40	0.9	36	0.8	20	0.5	25	0.9	95	2.6
TOTALS	4,269		4,349		3,927		2,586		3,658	

*In thousands of scoops

**Vessels based in U.S. West Coast ports for years 1952-1955, and for 1956, include vessels fishing from Puerto Rico.

ing, associated with the growth of the fishery in the past years, was finally brought to completion in 1956. Although the methods and data employed in these analyses, and some of the findings, have been discussed in previous Annual Reports, and a publication summarizing the entire study is being distributed, it may be worthwhile to restate the conclusions reached, and to examine against this background, data which have more recently become available.

In Figures 2 and 3, we show for Eastern Pacific yellowfin tuna and skipjack, respectively, indices of total catch, abundance (catch-per-standard-day's-fishing) and calculated relative fishing intensity for the series of years from 1934 through 1955. These measurements are based, for the most part, on data obtained from vessel logbooks of the California baitboat fleet, supplemented by statistical information from industry and government sources.

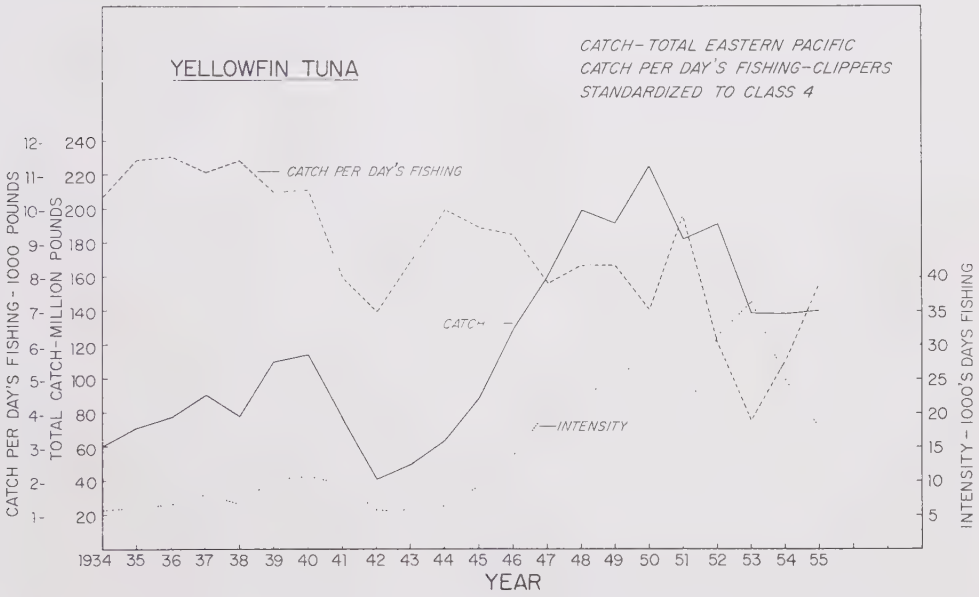
YELLOWFIN TUNA
CATCH-TOTAL EASTERN PACIFIC
CATCH PER DAY'S FISHING-CLIPPERS
STANDARDIZED TO CLASS 4
CATCH PER DAY'S FISHING
CATCH
INTENSITY
CATCH PER DAY'S FISHING - 1000 POUNDS
TOTAL CATCH-MILLION POUNDS
INTENSITY - 1000'S DAYS FISHING
YEAR
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55

FIGURE 2. Total catch, standardized catch-per-day's-fishing, and calculated relative fishing intensity, for yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean.

From the inverse relationship between changes in the amount of fishing and changes in the population abundance over the period 1934-1954, it was concluded for yellowfin tuna that there is a measurable cause-and-effect relationship between the intensity of fishing and average size of the catchable stock. Moreover, it appears that the intensity of fishing for this species in some recent years may have been great enough to approach that corresponding to the maximum sustainable yield.

For skipjack, our conclusions were entirely different. Since there is no apparent relationship between variations in abundance and in fishing effort, it seems that the magnitude of the skipjack stock is affected more by fish-

ery-independent factors than by the amount of fishing, at levels of fishing effort so far observed. It appears, therefore, that this species can support a considerably greater average harvest, on a sustainable basis, than is now being taken.

The data for 1955 fall in line with these general conclusions. For yellowfin tuna, there was a rather sharp increase in abundance with decreased fishing intensity, as expected, and the total catch remained at about the same level as in the previous year, whereas, for skipjack, there occurred simultaneous drops in all three indices. The latter, however, offers no cause for concern because of the wide variations in abundance known to occur from year to year for this species. Although our statistical tabulations for 1956 are not yet complete, it appears that with the increase in fishing effort experienced during the year, there is a decrease in catch-per-unit-of-effort of yellowfin tuna, but that total catch is greater in 1956 than it was in 1955. For skipjack, it appears that there are increases in abundance, intensity, and total catch.

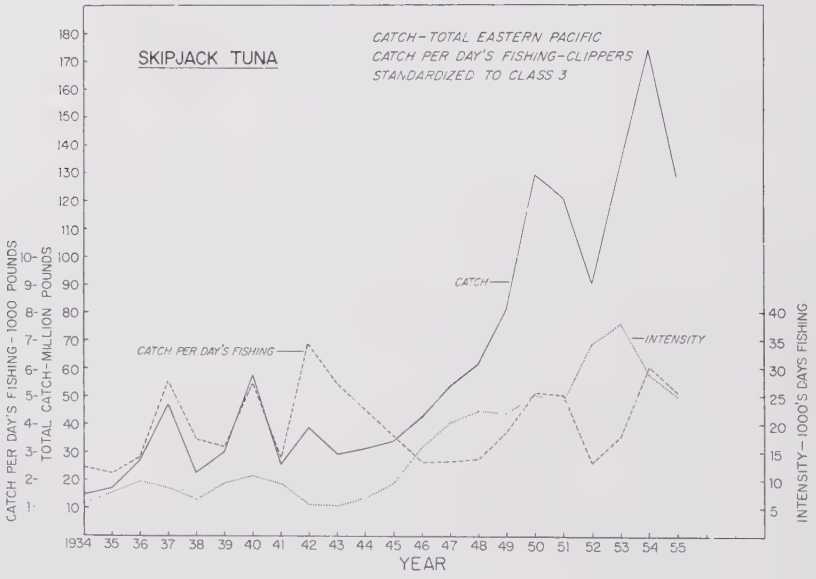
SKIPJACK TUNA
CATCH-TOTAL EASTERN PACIFIC
CATCH PER DAY'S FISHING-CLIPPERS
STANDARDIZED TO CLASS 3
CATCH
CATCH PER DAY'S FISHING
INTENSITY
CATCH PER DAY'S FISHING - 1000 POUNDS
TOTAL CATCH-MILLION POUNDS
INTENSITY-1000'S DAYS FISHING
YEAR
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55

FIGURE 3. Total catch, standardized catch-per-day's-fishing, and calculated relative fishing intensity, for skipjack tuna in the Eastern Pacific Ocean.

In order to seek independent confirmation of the effects of fishing on the stocks of yellowfin tuna, inferred from the historical series of data on catch, catch-per-unit-of-effort, and fishing intensity, we have also examined available data on the size composition of the catches from the logbooks of clippers. If the changes in intensity of fishing are affecting the magnitude of the population through changes in the rate of mortality, we should expect the average size of the fish to be inversely related to the fishing effort. A number of tuna clipper masters do record in their log-

books the size categories of fish captured, according to the number of poles attached to a single hook employed in their capture. Data of this sort over the period 1947 through 1954 indicate that with increasing fishing effort the percentage of small (one-pole) fish increased. Records of sales of fishing gear by one of the larger vendors of this equipment, for the years 1939-1941 and 1949-1955, also indicate that the sales of hooks and lures for capturing the smaller fish constituted a higher percentage of total sales in the later years of high fishing intensity. These data, while not as precise as the "market-measurement" data now being collected (see below), are all that are available for years prior to initiation of our research. They do tend to confirm the conclusions from the previous analysis.

The results of the foregoing studies apply to the aggregate of the Eastern Pacific populations of each tuna species. It is possible that the fishery operates on a number of semi-independent sub-populations. However, if we are to carry still further our investigations of the population dynamics of these species in relation to the fishery, we need to know the natural biological divisions, if any, of these tuna populations. Accordingly, our priorities of research have now been turned to the resolution of this complex problem as discussed elsewhere in this report. Meanwhile, however, work is continuing on methods of obtaining better estimates of abundance than those now on hand, and on understanding the effects of differences of availability between seasons and years upon the success of fishing. Our efforts in this respect during 1956 have taken the following course:

Since it is known that the fishermen tend to go to certain areas at seasons when the yellowfin and skipjack aggregate there, the estimate of population density derived from their records for a year will be higher, on the average, than the true population density of fish over the whole area of the fishery. Therefore, in order to obtain a measure of abundance which is not weighted by the distribution of fishing effort, we have started to compute from summaries of logbook data for each of the years from 1947 to 1955 the catch-per-unit-of-effort for yellowfin and skipjack per unit area of sea surface, using the 60 mile squares comprising our statistical area system as the basic unit of area. These density estimates integrated over the area of the Eastern Pacific fishery should provide a more realistic estimate of the standing crops of yellowfin and skipjack, and their distributions compared among seasons and years should contribute information on the variability, in time and space, of the aggregations of these species.

Also, for the baitboats, for more recent years, 1951 to 1955, we have compared quarterly estimates of abundance of yellowfin tuna, obtained by taking the total catch for the entire region of the fishery and dividing it by the total number of standard days' effort, with estimates for the same quarters computed by averaging the catch-per-standard-days'-fishing for each 60 mile square over all such sub-areas in which fishing was done. This provides a basis of evaluating the variations in availability of the yel-

lowfin tuna due to variations in the aggregation pattern of the fish and the success of the fishermen in taking advantage of them.

3. Estimation of the relationship between fishing effort and equilibrium catch for yellowfin tuna

As was noted in the foregoing section, it is possible from inspection of the data in Figure 2, to draw useful conclusions respecting the effect of fishing on the yellowfin tuna stocks of the Eastern Pacific, and to obtain some idea of the approximate magnitude of fishing effort corresponding to maximum sustainable yield. It is also possible, however, to study these data in a more precise fashion and arrive at some quantitative estimates of these relationships.

For this purpose we have conducted research to develop a mathematical model of the dynamic relationships between the amount of fishing, the average abundance, and the average sustainable yield (or average equilibrium catch), and to apply this model to the data for the yellowfin tuna fishery. The details of the development and application of this model are too lengthy to present here, and are the subject of a *Bulletin* in preparation. The essential results are shown in Figure 4.

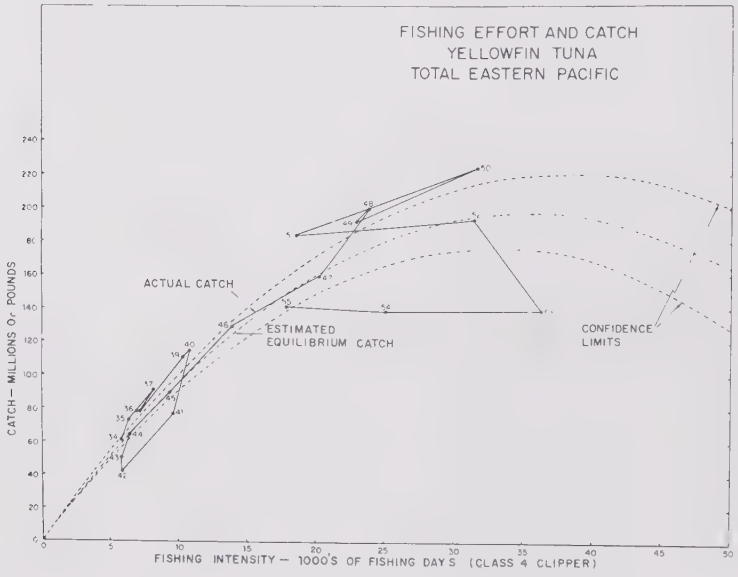

FIGURE 4. Relationship between fishing intensity and catch for yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean. Values of actual catch shown for each year 1934-1955. Broken lines indicate the estimated value of average equilibrium catch corresponding to values of fishing effort on horizontal axis, and the 90% confidence limits on this estimate.

In this figure are shown the actual values of fishing intensity and catch for each year of the series 1934-1955, labelled "Actual Catch." The broken line labelled "Estimated Equilibrium Catch" indicates the best esti-

mate of the average equilibrium catch corresponding to any value of fishing intensity on the horizontal axis. The degree of statistical reliability of the estimated equilibrium catch is indicated by the two lines labelled "Confidence Limits" which for any value of fishing intensity, give the upper and lower limits of the interval within which there is a 90 percent expectation that the true value will fall.

It may be seen that, on the basis of this analysis, the best estimate of the maximum value of the equilibrium catch is about 198 million pounds, and occurs at a fishing intensity of 35,500 standard days' fishing. The 90 percent confidence limits, however, have their maxima at about 176 million pounds and 222 million pounds, and correspond, respectively, to slightly lower and higher values of fishing intensity.

It may also be observed from this figure that only in 1950, 1952, and 1953 did the intensity of fishing effort approach that corresponding to estimated maximum equilibrium catch. The intensity has increased somewhat in 1956 over 1955, although data are not yet complete for calculating it exactly, but remains below that corresponding to maximum equilibrium catch.

We must point out that the theoretical curves are extrapolated beyond the observational data. Further observations at higher levels of fishing intensity are desirable to verify the forecasting value of the model, and perhaps to permit the confidence limits to be narrowed.

4. Potential fishing power of the fishing fleets

The fishing intensity to which the tuna resources are subjected in any year depends on the number and sizes of vessels in the fleets, and on the number of days that these vessels engage in fishing during the year. The latter factor has been quite variable in recent years, because, due to economic factors, the vessels, especially of the clipper fleet, have been curtailed to a greater or lesser degree in their operations by limitations on the amounts of tuna which they could sell.

In order to monitor the changes in the fishing fleets, we have computed indices of *potential fishing power* of the fleets of tuna clippers and purse-seiners fishing from California ports each year. This index, for each type of vessel, was computed by multiplying the number of vessels in each size-class engaged in the fishery in a given year, by a factor expressing the average efficiency of vessels of that size-class relative to a class selected as a standard. Summing these values over all size-classes gives an index of potential fishing power in terms of number of vessels of the standard size-class. For clippers size-class 4 (200-300 tons capacity) was the standard, and the average efficiency factors for the years 1947-1955 were used. For purse seiners, size-class 3 (100-200 tons capacity) was selected as the standard and the average efficiency factors for the years 1952-1955 were used.

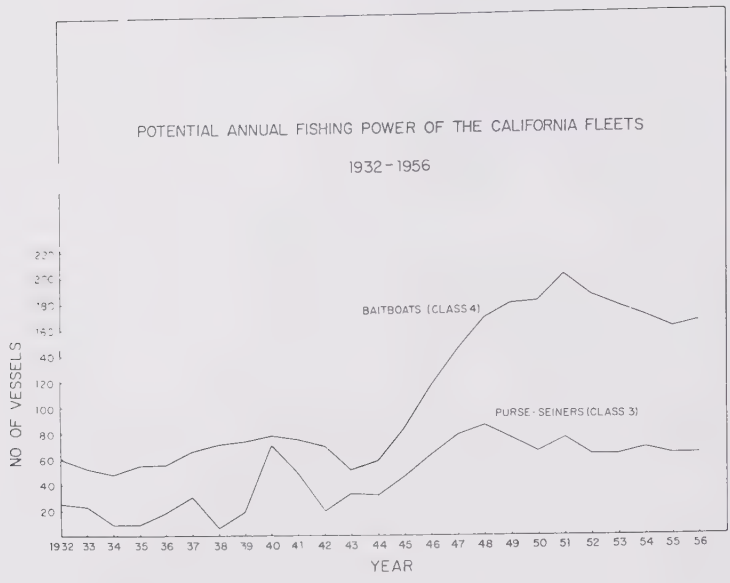
POTENTIAL ANNUAL FISHING POWER OF THE CALIFORNIA FLEETS
1932 - 1956
BAITBOATS (CLASS 4)
PURSE - SEINERS (CLASS 3)
NO OF VESSELS
YEAR
1932 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56

FIGURE 5. Potential annual fishing power of the fleets of clippers and seiners operating from California ports 1932-1956.

In Figure 5 are shown, for the years 1932-1956, the potential annual fishing power of the clipper fleet and of the purse seine fleet based in California ports. Since these vessels account each year for the preponderate majority of the tuna catch from the Eastern Pacific, the changes in their potential fishing power from year to year provide a good means of following the trends of the fishing intensity to which the tunas are likely to be subjected. It should be noted that each index is comparable with itself from year to year, but that the numbers of standard vessel equivalents of the two fleets are not comparable. That is, one standard vessel equivalent of the clipper fleet does not represent the same fishing power as one standard vessel equivalent of the purse seine fleet. It would, of course, be desirable to express the fishing power of both fleets in common units, but this has not yet been accomplished; it is a matter of some difficulty because of the difference in geographical and seasonal operational patterns of the two fleets.

The potential fishing power of the baitboat fleet increased rapidly in postwar years until 1951. Subsequently, as losses from the fleet exceeded replacements, the potential fishing power has declined steadily. There was a slight increase in 1956, despite the fact that more ships were lost than were added to the fleet, because of the greater size and efficiency of newly constructed vessels. We do not expect a further increase in 1957, because there is very little new construction in progress. With normal attrition, and little new construction, we expect this fleet to either maintain its present level or decline slightly.

For purse seiners, the potential fishing power, as computed here, varied somewhat erratically in prewar years. This is attributable to the fact that for most of the fleet fishing for tunas was supplementary to fishing for sardines, and, in consequence, some vessels did not enter the tuna fishery during some years. The postwar changes have been smoother. The potential fishing power increased to a maximum in 1948, since which it has trended downward due to losses, with some variations due to shifts of a few vessels in and out of the fleet. No new tuna purse seiners have been built for several years and none are now under construction, and, so far as we can ascertain, none are presently contemplated.

As we have seen from Figures 2 and 4, the maximum fishing intensity on the tropical tunas was reached in 1953, during which year the vessels operated essentially without curtailment. Since then the fishing power of both fleets has declined. It would appear, therefore, that even if the fleets operate during the next year without restriction, the fishing intensity is unlikely to reach a level exceeding that estimated to correspond to the maximum equilibrium catch from the aggregate of yellowfin tuna stocks in the Eastern Pacific.

5. Compilation and analysis of historical data on the baitfishes

The Commission is directed by the Convention not only to study the effects of fishing and of natural factors on the populations of yellowfin and skipjack tuna, but also to study the effects of fishing and of natural factors on the populations of baitfishes. We have, therefore, collected all available information on the baiting operations and catches of the tuna fishing fleet, in order to provide the basic information for estimating the quantities of each species of fish taken from each baiting area, the amount of fishing effort employed in making these catches, and the abundance of the baitfish population as encountered by the fishermen.

Our tabulations have shown that the bait catch each year consists predominately of five species: anchoveta *(C. mysticetus)*, Galapagos sardine *(S. sagax)*, California sardine *(S. caerulea)*, northern anchovy *(E. mordax)*, and southern anchovy *(E. ringens)*. Since the last three species are used in much larger quantities by fisheries other than for tuna bait, and since for the fourth *(S. sagax)*, the extreme variability in abundance from year to year is probably independent of the amount removed by the tuna fishermen, we have concentrated our analyses of the historical series of data primarily on the anchoveta, which is the single most important species used for tuna bait.

Biological information indicates that the population of achovetas in each major baiting area is an independent biological unit. We have, therefore, examined separately the data from each important baiting area (Almejas Bay, Guaymas, Ahome Point, Gulf of Fonseca, and Gulf of Panama) for which estimates of fishing effort, catch, and apparent abund-

ance are available for the years 1947-1954. During 1956 the analysis of these data was completed and the results summarized for publication. The studies indicated that in each of these baiting areas there are sizable variations in the abundance of the anchoveta, but that such variations are not correlated with the amounts of fishing effort to which the stocks have been subjected over this eight year period. It appears, therefore, that, at current levels of fishing intensity, natural factors are of greater importance than the amount of fishing in bringing about changes in the anchoveta stocks.

These statistical series are being continued routinely. The statistics for 1955, and preliminary data for 1956, indicate no need for modification of the conclusions based on the earlier information.

6. Research on tuna population structure and migrations

One of our highest priority problems is the determination of the extent to which the populations of each tuna species are separated into independent or semi-independent sub-populations, and the geographical or oceanographic boundaries of such population sub-divisions. This problem requires to be solved as a basis for investigating the population dynamics, including effects of fishing, of these resources in greater detail, and as a basis for future efficient management of the fishery, since, so far as possible, any management regulation will need to be applied individually to whatever separate population units may exist.

This is proving to be a complex and difficult problem, partly because of the technical difficulties of the necessary research, but also because it appears probable that there exists no simple solution. Data so far accumulated indicate that the commercial size of each tuna species do not constitute a single, homogeneous, rapidly intermingling biological unit; at the same time there is reason to believe that there may not exist completely separate, self-contained sub-populations referable to specific geographical areas.

This problem is being approached along three primary lines of investigation: morphometric studies, time and area changes in the size composition of the commercial catches, and direct measurement of migration by liberation and recovery of tagged specimens. Other types of research are also of importance to this problem in providing useful ancillary information.

Morphometric investigations

Morphometric data were collected during the year from several additional series of skipjack specimens, from commercial fishing vessels at sea. These samples were so chosen as to eliminate the formerly confounding effects of differences between measurers within areas. The analysis of these data has not yet been completed, but computations made so far demon-

strate that, with respect to one or more body dimensions, there are differences between areas which are much greater than can be attributed to sampling variations, and, consequently, that the skipjack from different regions have, on the average, real differences in body form. This indicates that we are not dealing with a completely homogeneous population, although considerable mixing is not excluded as a possibility.

Additional series of morphometric data were obtained also for yellowfin tuna in the course of cruises of our scientists aboard commercial fishing vessels. While the investigations are not yet far enough advanced to be definitive, preliminary studies indicate that for this species also there are real average differences in the body form of fish from different regions of the fishery, and that the population of yellowfin tuna is, therefore, not entirely homogeneous.

Size composition of the commercial catch

We have continued the program of continuous sampling of the commercial landings to measure the size composition of the stocks of commercial sizes of each tuna species, thoughout the year, in each of twelve fishing areas (shown in Figure 7 of the 1955 Annual Report). By comparing the patterns of size-frequencies from area to area in different months, we expect to be able to determine: (a) Whether there are characteristic, persistent differences among fishing areas (b) Whether the growth rates of tunas are different in different areas, and (c) Whether it is possible by matching the temporal sequences of modal sizes in adjacent areas to infer the migration patterns of certain stocks.

This line of research requires large quantities of data over several years to produce sound inferences as to population structure. Data now in hand, however, do indicate that there are probably several sub-divisions of the yellowfin tuna population, characterized by differences in the time of entry into the commercial catch of the entering year class (presumably related to differences in spawning season), and, correspondingly, by differences in the modal lengths in different areas during the same months. Comparison of the temporal progression of modal sizes of yellowfin tuna in adjacent areas, particularly in the regions north from the Gulf of Tehuantepec, has provided the basis for hypotheses about seasonal movements between areas; these hypotheses require to be tested by further data, and to be confirmed by tagging results, however, before publication.

Tuna tagging and recovery

The most direct approach to the study of population structure is by means of the tagging and subsequent recovery of marked specimens, in order to elucidate the migration pattern. Research was commenced along this line late in 1955 and has been vigorously pursued during 1956.

Previous experience of the California State Fisheries Laboratory had shown that it is possible to mark tunas with some success by means of a tag consisting of a piece of vinyl plastic tubing threaded through the dorsal muscles below and posterior to the second dorsal fin, the ends being fastened together to form a loop. However, the rates of recovery obtained in these experiments (in the neighborhood of one percent for yellowfin and one-half percent for skipjack) were so very low that the number of liberations necessary to achieve sufficient recoveries to elucidate migration patterns would be almost prohibitive. Since, from the analysis of the catch statistics, it appeared that the rates of exploitation are much greater than the rates of tag recovery experienced by the scientists of the California State Fisheries Laboratory, we believed that the low rate of tag recovery was most probably due to mortality of fish due to the tagging operation, loss of tags from the fish in the water, or failure of fishermen and others to see the tags on the fish after capture. Major emphasis in our research during 1956 has, therefore, been directed toward improvement in the tags and in tagging techniques to increase the recovery rate. At the same time, we have attempted to liberate tagged fish in different seasons of the year throughout the range of the fishery, in order to make a start on obtaining the data needed for elucidating the migration patterns.

Seven tagging cruises have been completed from California ports by our scientists aboard commercial tuna clippers. In Table 4 is a summary of the tagging done on these trips, and the recoveries obtained from them up to the end of the year. It may be seen, particularly from the earlier trips for which there has been sufficient time elapsed, that there has been some success in increasing the recovery rate. In addition, one cruise was made aboard a California purse seiner in the spring of 1956 during which were tagged 234 yellowfin tuna and 5 skipjack. There have been no recoveries from these liberations; however, a somewhat different tag was employed on most of the fish, so we cannot yet determine whether the lack of recoveries is due to the method of capture or to the tag.

Perhaps the major difficulty in tuna tagging is that these are powerful, yet delicate, fish. Their vigorous struggles may cause injury, despite the fact that they are held during tagging in a "cradle" lined with soft sponge rubber; also excessive muscular fatigue may so debilitate them that they are easy prey to sharks and other predators soon after tagging. For this reason, we have attempted to handle the fish quickly and return them to the water as rapidly as possible; we do not measure the fish. The importance of the condition of the tagged fish at liberation has been demonstrated by grading them as "good," "fair," or "poor" (based on time out of water, amount of struggling during tagging, any evidence of bruising or other injury, and swimming action when released) and comparing recovery rates from the three groups. There is a significantly higher recovery rate for fish in better condition; being most notable for skipjack, which are more active during tagging than yellowfin.

TABLE 4. SUMMARY OF TUNA TAGGING FROM TUNA CLIPPERS DURING 1956

Cruise No.	Vessel	Date when voyage ended	Areas fished	Number of tagged		Recovered to Dec. 31, 1956	
				Yellow-fin	Skip-jack	Yellow-fin	Skip-jack
1	Concho	1/29/56	Northern So. America	356	1006	19	19
3	Mary Lou	4/26/56	Manzanillo to Gulf of Fonseca	160	71	2	1
4	Mary Lou	6/25/56	Revilla Gigedo Islands	139	199	8	3
5	Mary Lou	9/17/56	Revilla Gigedo Islands and Baja California	36	382	2	5
6	May Queen	11/16/56	Central America, Gulf of California, Baja California	179	172	1	0
7	South Coast	11/13/56	Baja California	219	915	9	13
8	Jeanne Lynn	12/24/56	Revilla Gigedo Islands and Tres Marias	340	323	1	3

In the original model of the plastic tubing tag, it was fastened by tieing a double figure eight knot. This is time consuming, and there is also a suspicion that some knots come untied. To increase the tagging speed, we have replaced the knot by a clamp of stainless steel or Monel metal, which can be rapidly closed with pliers. To further accelerate the tagging procedure we are developing more nearly automatic tag applicators. One device, which was tested on a few fish on cruises 4 and 7, threads the tubing through the fish, applies the clamp, and cuts off the excess tubing in a single operation. This device did not prove very successful in these field trials, and has been temporarily shelved in favor of a simple device which, after manual threading of the plastic tubing through the fish, applies the clamp and trims the tubing in one quick operation. This latter device is undergoing further tests and seems to be successful.

On cruises 4 and 5, we tested a water-bath for tagging the tunas under water in place of holding them in the "cradle" lined with sponge rubber. It appears, however, that any advantage gained by holding the fish in water is lost by the greater time required to apply the tag under these circumstances.

Seven long-term tag recoveries during 1956 indicated that after about six months the vinyl plastic tubing becomes brittle, presumably due to leaching of the plasticizer, and may break and fall off the fish. We are searching for a suitable substitute material. Meanwhile we are experimenting with vinyl plastic tubing reinforced with a core of nylon monofilament, which is not affected by seawater.

The 86 recoveries already made from the 1956 tagging from California commercial vessels are, of course, inadequate for inferences as to migration patterns, both because of their small number and because, except for

the earliest taggings, the fish have not yet had much opportunity to move far. Many of the recoveries were made in the first month after tagging and had moved much less than 100 miles from the release point. That some of the fish move considerable distances is, however, shown by some of the recoveries. Two yellowfin tuna released on Guayaquil Bank were returned from off Chimbote, some 400 miles to the south. A skipjack released at the same place was recovered 140 miles to the north, off Ecuador. Two yellowfin tuna released in the spring southwest of Manzanillo were returned in the summer from the vicinity of the Tres Marias Islands and from Morgan Bank, off Baja California. From the first cruise, on the "Concho", there were also two interesting recoveries, one of yellowfin and one of skipjack, which were released near Guayaquil Bank and were recovered at nearly the same position eleven months later. This may indicate that these fish had not moved far during this time, or it may be indicative of an annual migration pattern which returned these fish to their initial point after a year.

During 1956 arrangements were made, with the cooperation of the Government of Peru, to station one of our scientists in northern Peru where, with the help of locally employed assistants, he is conducting tuna tagging from vessels operating out of the ports of Mancora and Paita. This arrangement will make it possible to liberate tagged tunas in waters off northern South America throughout the year, which could not be accomplished aboard vessels from California because these vessels normally frequent that area only during a few months each year. Tagging operations were commenced from this station in September. During the ensuing four months of 1956 the following numbers of tagged tunas have been liberated:

September—41 yellowfin; 121 skipjack
October—140 yellowfin; 116 skipjack
November—112 yellowfin; 362 skipjack
December—38 yellowfin; 407 skipjack

To the end of December there had been 5 recoveries of yellowfin and 2 recoveries of skipjack, none of which had moved far during the short time at liberty.

7. Other aspects of tuna life history and behavior

Although the problems of population structure and migrations are of very great importance, there are also required studies on other aspects of the life history and behavior of the tunas, and their relationships to the physical and biological features in their environments. Such information is required both as a basis of understanding the effects of fishing on the resources, and as a basis of understanding the variations in abundance and yield of the populations which are due to other, fishery-independent factors. Investigations along several lines were continued during 1956.

Investigations based on analysis of the size composition of the commercial catch

Data on the size composition of the stocks of commercial sizes of tunas are, as indicated above, of value in elucidating the population structure and migrations of the tunas. Such data are also of utility for estimating ages and growth rates, and, in conjunction with the catch statistics, for detecting the occurrence of dominant year classes and for estimating rates of mortality.

The collection of length-frequencies of samples of the commercial landings, which was commenced in 1954, was continued during 1956 at both San Pedro and San Diego. Supplementary data are also being collected at our station in northern Peru. Data are collected, so far as possible, for each month for each of twelve fishing areas, a chart of which was shown in last year's annual report. Due to the seasonal nature of the fishing, we have not been able to obtain samples for all months for each area, but the major areas are represented in all, or nearly all, months.

During the year there was completed an analysis of sampling methods in this "market-measurement" program. The objective of the sampling is, of course, to obtain for each month and fishing area a representation of the true size composition of the commercial catch to a specified degree of accuracy. Because of the fact that the tunas tend to aggregate by sizes, and the fishermen operate on these aggregations, this is not a simple matter, because the fish caught from an area during a month are not homogeneously distributed, with respect to size, in the holds of all catching vessels. Briefly, the analysis indicated that the most efficient scheme involves taking a relatively small sample of fish from any one hold compartment, and including several such samples, from different vessels if possible, in the representation of each month-area category. On the basis of this study, we are now able to continue the routine program on a more effective basis with minimal man-power. A report on this sampling study has been completed for publication.

We have also conducted studies of the comparative size composition of catches of clippers and seiners, to determine whether any differential selectivity is exercised, on the average, by the two fishing methods. The analysis, so far at least, indicates that there are no significant differences.

From the study of the temporal progression of modes, representing year-classes, in the size-frequency distributions, it is possible to determine the rates of growth of the tuna species, and to make inferences as to their ages. Such studies of the data for 1954 and 1955 indicate that for each species the bulk of the catch consists of only two age groups, and, in some areas, of only one age group. For yellowfin tuna the fish enter the commercial stock at about 55 cm., at which size they are believed to be about one year of age, although there is a possibility that they could be a year

older. Less than ten percent of the yellowfin catch consists of fish over a meter long, at which size they are believed to be about three years of age. The bulk of the skipjack catch consists of two age groups, which are believed to be the fish in their second and third years of life, although these ages could possibly be in error by one year. In any event, it appears that both species are relatively fast-growing fish which, for the most part, are exploited by the fishery at early ages.

Evidence of spawning from gonad examination

Samples of commercial landings to determine seasons of spawning of the tunas by the examination of the gonads has been extended to include major fishing areas not covered in our initial studies. Results so far obtained may be briefly summarized:

Yellowfin tuna

Sampling for two years in the region adjacent to Baja California indicated the occurrence during the summer and fall of some sexually mature and recently spawned fish. While there is probably some spawning here, it is also probable that the majority of fish do not spawn in this vicinity.

The vicinity of the Revilla Gigedo Islands, for which we have data for three years, appears to be a major spawning area. Yellowfin spawn here from May through September.

In the sea area off Central America, northward to about 12° north latitude, yellowfin tuna appear to spawn to some extent throughout the year, with a peak in the period from about December to March. To the north of this region, in the vicinity of the Gulf of Tehuantepec fewer mature fish are taken and there is some evidence of a greater seasonal variation in stage of maturity. While the data from this latter region are not yet adequate for firm conclusions, it appears that the yellowfin tuna of this area are rather different with respect to maturation and spawning than those off Central America.

Off northern South America, we have encountered fish in advanced stages of sexual maturity northward from the Gulf of Guayaquil. Southerly of Cape Blanco, however, we have, so far, found only rather immature fish; however, samples are not yet available from this area for the entire year.

Only a few samples have been obtained from the outlying islands of Clipperton and Cocos. These samples, however, indicate that this species probably spawns in these vicinities at least during the winter and early spring months.

Skipjack

Evidence is accumulating that this species probably spawns primarily

well offshore. Samples through two years from the near-shore grounds off Baja California included only rather immature specimens. In the region off Central America, fish taken in the early spring show some sexual development, but few specimens were found in very advanced stages. Similarly, no very advanced gonads have been obtained from the near-shore areas off South America. On the other hand, the vicinity of the Revilla Gigedo Islands appears to be a major spawning area for this species from June through October or November, and some advanced specimens have been taken near Cocos and Clipperton Islands.

Eggs, larvae, and juvenile stages

A correlative line of investigation of reproduction of the tunas, which may be more definitive, is the study of the occurrence of eggs, larvae, and juvenile stages. Basic to this research, however, is the ability to identify these stages, which is complicated by the fact that, in addition to yellowfin and skipjack tuna, there also occur in our region other tuna and tuna-like fishes which are little used commercially (such as the big-eyed tuna *Parathunnus)* or of no commercial value (e. g. *Euthynnus, Auxis).* We have, therefore, pursued during the past year the problem of establishing identifying characteristics for the eggs, larvae, and juveniles of yellowfin tuna and skipjack, and of those of other tunas and tuna-like fishes which may occur together with them in the Eastern Pacific. During 1956 substantial progress was made on the collection of material at sea, and through exchange with other research agencies engaged in similar work.

Knowledge of the characteristics of mature, pelagic tuna eggs is so poor that they cannot now be distinguished with certainty from those of other groups of fishes, much less be identified to species. We have sorted out a large number of fish eggs from plankton samples, taken over an extensive region of the Eastern Pacific by the "Eastropic" expedition, some from known areas of tuna spawning; these are now being studied by a scientist of the Scripps Institution who is a specialist in fish-egg identification.

The problem of identifying larvae and juveniles of the various tunas requires that we establish diagnostic characters for all of the developmental stages. We are presently assembling reference series by identifying larger juveniles from adult characters, and comparing them serially with still younger stages. From large numbers of small fish collected by light and dip net, at night, from commercial vessels and research craft in the course of other work, we have made a good start on establishing series of frigate mackerel *(Auxis),* Spanish mackerel *(Scomberomorus),* Pacific mackerel *(Pneumatophorus),* and black skipjack *(Euthynnus).* Less complete series have been collected for yellowfin tuna and skipjack, but our collections have been supplemented by exchange of material with the Pacific Oceanic Fishery Investigations, in the Central Pacific, and additional specimens were

found in collections from the Gulf of Mexico made available to us by the unit of the U. S. Fish and Wildlife Service working in that area.

The smallest planktonic stages are expected to occur in the net-hauls taken on the "Eastropic" and "Scope" expeditions. Although the extensive collections from the "Eastropic" expedition have not yet been completely sorted for larval fish, we have already obtained numbers of specimens of scombroids, probably including tunas, from those samples so far examined. Sorting of the "Scope" material has not yet been commenced.

Food of tunas

In the course of other work at sea, we have made, as opportunity affords, collections of the stomach contents of tunas to determine the kinds of organisms on which they feed. The examination of this material indicates that the tunas are quite omnivorous and apparently exercise little selectivity in their feeding. They eat various kinds of fishes, cephalopods, and larger crustacea. It would appear that, so long as the organisms are large enough to be perceived and small enough to be ingested, the tuna will eat them. Probably the quantity of forage organisms is of greater importance to the tunas than their particular taxonomic group.

Schooling habits

Since the aggregation of tunas into large, compact schools near the surface is the basis of both the live-bait and purse-seine methods of capturing them, the study of the nature of these aggregations is of obvious importance, particularly as a basis of devising practical conservation regulations when required.

Both tunas species occur, in general, in the same areas at the same times and it is, thus, important to learn to what extent they tend to aggregate into separate schools of only one species, or in mixed schools of both species. One means of studying this has been the analysis of the logbook records of purse seiners, nearly all of which in recent years have kept records of the results of each individual set of the net, and for which some such records were available back to 1946. On the reasonable presumption that each set is made on a single school, we may determine what share of the schools, and of the catches resulting therefrom, are from schools of a single species. Data for the years 1946 through 1955 have been studied in some detail and a *Bulletin* prepared on them. The main results indicate that, although there is some difference in the schooling by species in different fishing areas, pure schools of only a single species, or with a very small admixture of the second species, consistently dominate the catches, and that this tendency is remarkably invariant from year to year. In Figure 6, for example, are shown, for each year, the percentage of sets resulting in catches of yellowfin tuna only, skipjack only, or mixture of the two species. It is evident that the large majority of schools en-

countered by the seiners each year were "pure" schools. Data for 1956 show the same sort of results. During that year masters of vessels keeping logbooks (excluding the data for some trips on which the vessels were under orders to fish only for yellowfin tuna) recorded 1401 sets resulting in 20,712 tons of tunas. 87.8 percent of the sets produced one species only, and these accounted for 88.9 percent of the total catch.

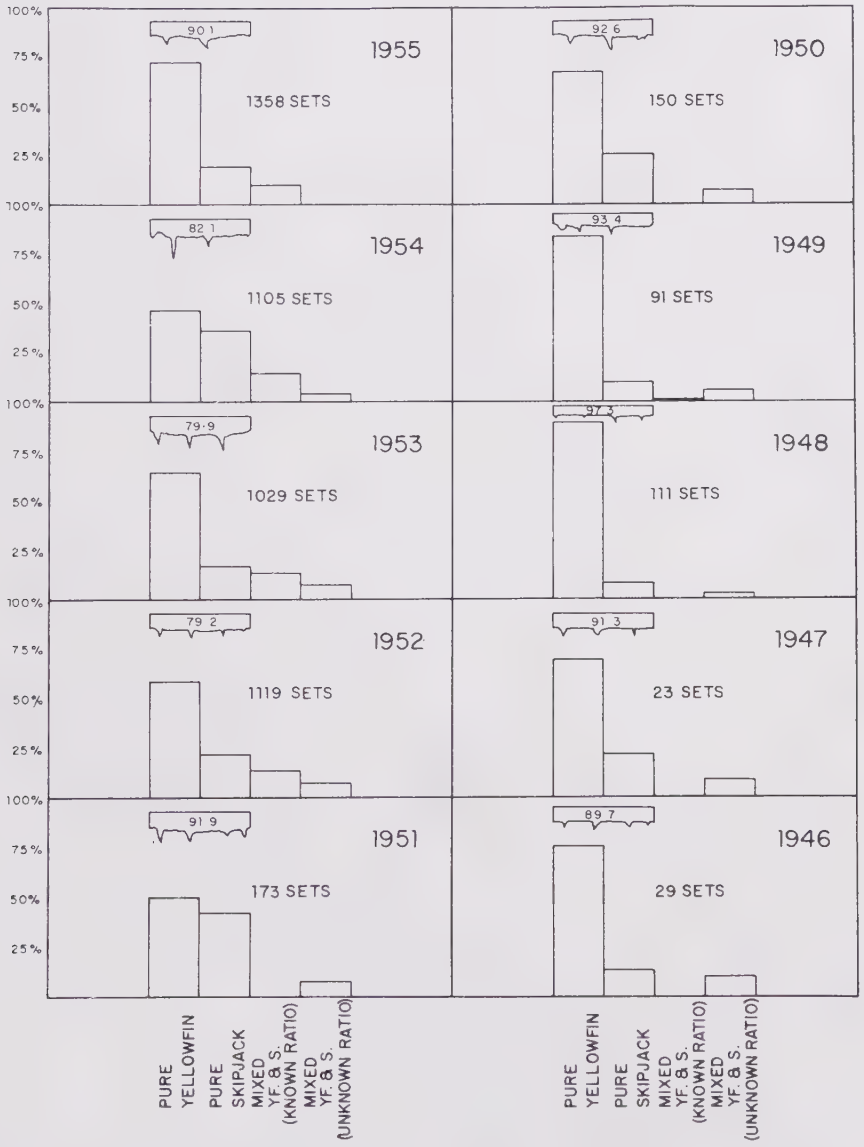

FIGURE 6. Percentage of sets of purse seiners resulting in catches of yellowfin tuna only, skipjack only, or a mixture of the two. The broken bars indicate the percentage of sets resulting in catches of pure schools of one or the other species.

Similar records are not available from logbooks of clippers, since the masters of these craft seldom record the results of fishing from individual schools. However, in the course of tagging cruises, our scientists are collecting such data by direct observation. The quantity of information now on hand is yet inadequate for publication, but the results indicate that the catch of the bait-boats is also made in large part from "pure" schools. The precentage of catch from mixed schools is probably somewhat higher than for seiners, however. This seems in some part, at least, to be due to the tendency of the tunas to be attracted to the vessel when bait is being broadcast, so that what starts out as a pure school may sometimes become a mixed school during the fishing operation.

It is also known from previous observations at sea, as well as from the data of our "market measurement" program, that the tunas tend to aggregate by size. In order to obtain quantitative data on this phenomenon, and its variations in space and time, a further subsidiary duty of our scientists on tagging cruises is the measurement of the sizes of the fish in representative samples of individual schools.

8. Investigations of physical, chemical, and biological oceanography and tuna ecology

Study of the geographical distribution of tuna catches, from the logbook records of fishing vessels, shows that the tunas are not evenly distributed over the Eastern Pacific, but tend to be concentrated in certain areas, and that these regions of concentration are remarkably consistent from year to year, although there are notable variations in their relative importance in different seasons and in different years. These studies are based primarily on the large number of detailed records from the logbook system instituted in 1951. However, from the available logbook data for earlier years, and from fishermen's verbal reports, it appears that the same regions of concentration also existed in earlier years. This leads us to believe that these are fairly permanent features related to the oceanic circulation. From the results of the "Shellback" expedition in 1952 and the "Eastropic" expedition in 1955 it further appears that the regions of tuna concentrations are regions where the standing crops of zooplankton organisms are high, and that they are also characterized by physical processes which lead to high basic productivity of the organisms at the base of the food chain.

It seems reasonable, therefore, to hypothesize that the tunas tend to be most abundant in those parts of the sea where they encounter the best feeding conditions, and that these are related to systematic features of the ocean circulation. Where the nutrient-rich deeper waters are brought into the euphotic zone, the production of phytoplankton is stimulated, leading in turn to large crops of forage organisms, and finally to the congregation of large predators, including tunas. In order to properly understand

this system, it is necessary to pursue studies in physical, chemical, and biological oceanography in three phases: (1) Description of the general oceanic circulation and distributions of properties, including the biological properties, over our entire area, with the objective of discovering the features that stimulate organic production. (2) Detailed studies of these features to reveal how they are maintained physically, and to elucidate the processes by which the marine life is supported. (3) Discover the causes of temporal variations in these features and processes, and relate their variations to variations in the tuna's distribution and abundance.

Our research has progressed well into the first phase and some beginnings have been made on the second and third. The field work necessary to describe oceanographic conditions in general over the entire Eastern Tropical Pacific was accomplished by two major expeditions, the "Shellback" expedition of 1952 and the "Eastropic" expedition of 1955, supplemented by data collected on earlier expeditions. Data from "Shellback" and earlier expeditions have been summarized and analyzed by scientistis of the Scripps Institution and of the Tuna Commission, and will be in publication in the near future. Physical data from the "Eastropic" expedition are undergoing analysis, while a report on much of the biological data has already been completed for publication in our *Bulletin*.

It appears that the basic productivity is high, and is accompanied by tuna concentrations, (1) where there is upwelling (2) in the vicinity of thermal anticlines (regions where a strongly developed thermocline rises close to the surface (3) along transitions between water masses and (4) where vertical mixing is unusually effective. It is not often possible to attribute a center of tuna abundance to a single one of these features, since two or more often occur simultaneously.

Because of the importance of anticlines to productivity, an extensive study has been commenced of the topography of the thermocline over the entire Eastern Tropical Pacific, based on the several thousand bathythermograph records obtained in this region during the past ten or twelve years. We hope to be able to prepare seasonal charts of average depth to the thermocline, but there will probably be some gaps in areas of little coverage which will have to be supplemented by future expeditions.

An anticline of particular importance is associated with the northern boundary of the Equatorial Counter Current, near 10° N. latitude, broadening out and becoming shoalest in the well-known area of tuna fishery off Central America. Special investigations were conducted in this area as part of the "Eastropic" expedition, which provided some insight into the physical and biological processes there. More extensive and detailed investigations were accomplished on the recent "Scope" expedition.

The "Scripps Cooperative Oceanic Productivity Expedition" (SCOPE) was conducted, from 7 November to 16 December 1956, by the Scripps In-

stitution in cooperation with the Tuna Commission, with financial support from the U. S. Fish and Wildlife Service. This expedition had the primary objectives (1) of measuring areal variations in basic productivity and in standing crops of phytoplankton and zooplankton organisms, and of the physical and chemical constitutions with which they are associated, in the region between Baja California and Panama, and (2) of conducting detailed studies of the biological processes and associated physical phenomena in the region of the Central American thermal anticline. The track and station positions of the expedition are shown in Figure 7.

Observations made routinely on this cruise included: Incident solar radiation; vertical distribution of submarine daylight; vertical distribution of temperature, salinity, oxygen, phosphate, nitrate, and hydrogen ion concentration; *in situ* and incubator measurements of photosynthesis of surface waters by the C^{14} technique; standing crop of phytoplankton by measurements of chlorophyll "a" and by vertical net hauls to 50 meters; standing crops of zooplankton by oblique tows to 300 meters. At several stations the vertical distribution of carbon fourteen uptake *in situ* was also measured. In the region of the thermal anticline off Central America, were made, in addition to the routine determinations, special observations of the vertical distribution of properties at very close intervals through the mixed layer and well into the thermocline, closing net hauls for vertical distribution of zooplankton organisms, and closely spaced vertical series of measurements of photosynthetic rate and chlorophyll "a".

The routine station data are expected to provide an improved picture of the locations of highly productive areas, and some better understanding of the physical and chemical phenomena with which they are associated. The special studies off Central America were designed to provide a basis of understanding in some detail the processes whereby the nutrients are transported into the surface layer in this region, and their biological effects. The data are now being processed and will be available for detailed analysis during the forthcoming year.

Meanwhile we have drawn up plans for a cruise during the summer of 1957 to study the effects of islands on the productivity of the adjacent sea, to be carried out in the vicinity of the Revilla Gigedos. The tunas are known to be concentrated in the vicinity of islands, and there is evidence that the surrounding waters are more productive than nearby areas away from them, but the mechanisms by which this is brought about are not understood.

Members of our staff have also participated in the preliminary planning for observations to be made by the Scripps Institution, as a part of the program of the International Geophysical Year, of the Equatorial Counter Current and the Equatorial Under Current. These large features of the Pacific circulation have their eastern termini in the region of the tropical tuna fishery, and are believed to have a large influence on the dis-

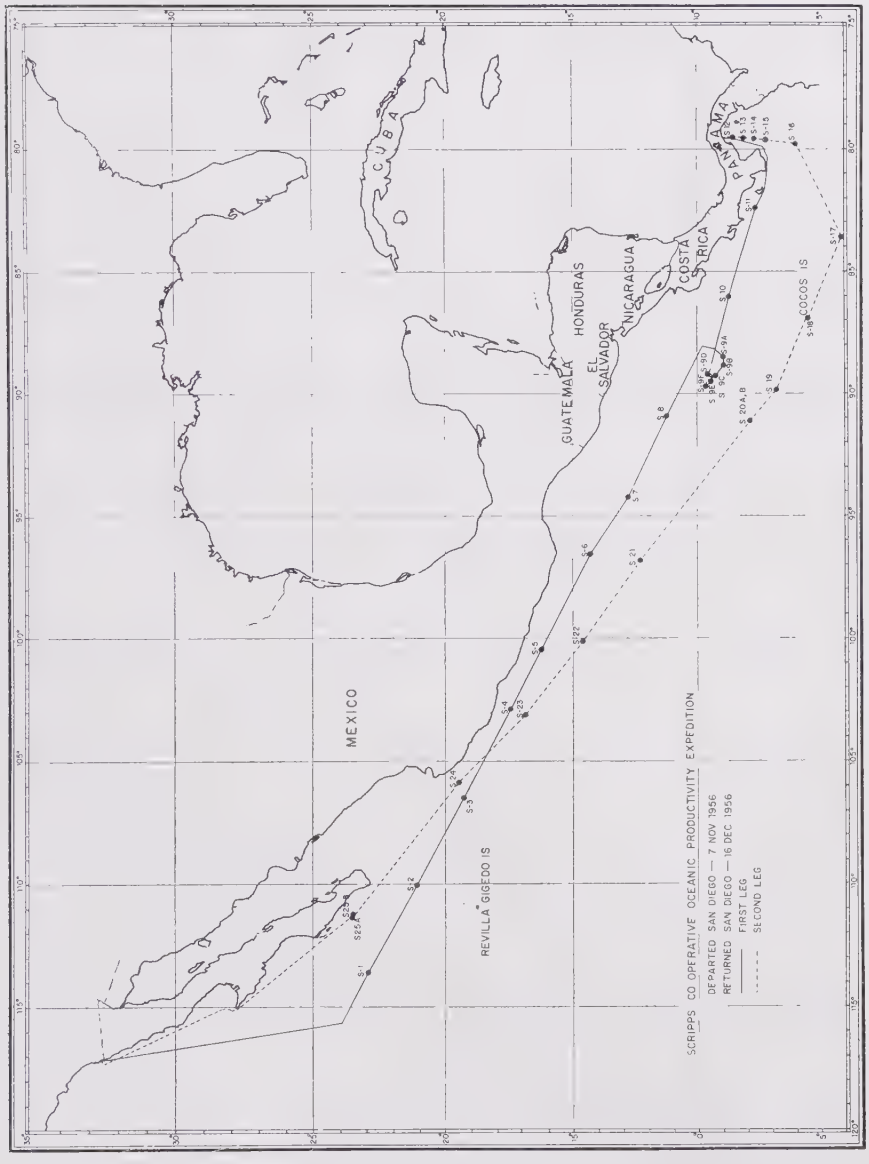

FIGURE 7. Track and station positions of the Scripps Cooperative Oceanic Productivity Expedition (Scope).

tributions of important oceanographic properties in our region. Basic studies to understand the nature of these currents and, especially, their variations are, therefore, of importance to eventual full understanding of the tuna's ecology. The Commission's staff plans to participate to a limited extent in these researches.

The third, and most difficult, phase of the oceanographic studies, that is the understanding of variations in the circulation and their relationships to variations in the abundance and availability of the tunas, requires time-series of oceanographic data to correlate with existing series of meteorological data, on the one hand, and data on tuna catches, on the other. These oceanographic time-series are now generally lacking. A start is being made on collecting such data by two means: by simple instrumentation on fishing vessels to supplement data from research vessels, and by fixed instruments located in specific localities.

During the latter part of 1956 we experimented with the installation of bathythermograph equipment on tuna clippers to obtain vertical temperature profiles along the vessel track. While our experience is yet somewhat limited, it seems that we cannot obtain useful data by this means except when a member of our staff is aboard to operate the gear. We have also, however, installed recording thermographs, which give a continuous record of surface temperature only, on several clippers with more gratifying results. This equipment is much simpler to operate and seems to be of more immediate interest to the fishermen.

For obtaining records from fixed instruments, we are working along two lines: installations of automatic sea level and temperature recorders on outlying islands, and development of anchored buoys to record temperatures, currents, and perhaps other data. The first type of equipment is available commercially; we have tested it and have arranged for installations at Clipperton and Revilla Gigedo Islands. A more elaborate installation, including meteorological equipment, is to be made by Scripps Institution, in cooperation with the Ecuadorian Government, in the Galapagos Islands during the International Geophysical Year. Automatic buoys are now under development by several agencies; we hope to be able to acquire and put into operation some of this equipment during the next year.

9. Investigations of the biology, ecology, and life history of baitfishes

Because of the dominant importance of the anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* as tuna bait, and because it appears to be the only species of baitfish the stocks of which are likely to be appreciably affected by the tuna fishery, our investigations continue to be concentrated on it. Data on other species, listed in Table 3, are collected incidentally.

Racial characteristics, age, rate of growth, and spawning period of the anchoveta population of each of the important baiting areas are being investigated by examination of collections made by the tuna fishing fleet

and returned to our headquarters laboratory. At our laboratories in Costa Rica and Panama, additional material is obtained to supplement the collections made by tuna fishermen, and some special collections are made by our staff members in other areas. Research at the two regional laboratories is also providing information on the early life history and on the ecology of this species and related species. The laboratory in Costa Rica is primarily concerned with studying the distribution and increase of the population of anchoveta which resulted from the transplant from Panama in October 1953.

Like many other pelagic, schooling fishes, anchovetas tend to school by size, therefore numerous samples are required to give a fair representation of the size composition of the population in any month and area. For most of the important baiting areas, we have been able to accumulate adequate samples during some or all months of the year, to make possible the determination of growth rate and age by following the temporal progression of length of members of different age-classes. In our 1955 Annual Report we included a figure showing the growth rate of the anchoveta in the Gulf of Panama. It was also noted that in this area about 95 percent of the bait catches consist of fish in their first year of life, and that very few live to be over two years old.

FIGURE 8. Chart showing baiting areas for anchovetas.

Studies of collections from Almejas Bay, Guaymas, and Ahome Point, which are important baiting areas in Mexico, show that the growth rates

there are almost identical to those in the Gulf of Panama. Although, here again, fish in their first year of life make up the majority of the catch, the mortality rates in these areas are apparently somewhat less than that in Panama, because fish in their second year make up a significantly larger share of the catch in these localities.

The collections from the Gulf of Fonseca indicate that the anchovetas there grow a bit more rapidly than in Panama, being about 6 to 8 millimeters larger at the end of the first year, while, conversely, fish from the Gulf of Guayaquil are about 7 or 8 millimeters smaller than those in Panama at one year of age.

There appears, from examination of gonads of specimens in samples taken throughout the year in different localities, to be rather notable differences in the time of spawning and the duration of the spawning season in different places. In the Gulf of Panama, for example, the reproductive season is limited to the period between late October and early January, with a peak in November and December. At Guaymas and Ahome Point, spawning occurs from July to October, with the peak in September. In the Gulf of Fonseca, on the contrary, the spawning period is much longer, ripe fish being found from at least August to March.

Manuscripts on the results of these studies of age, growth, and spawning in different areas are in process of preparation.

Good progress has been made on the problem of identifying the eggs and larval stages of anchovetas, and distinguishing them from the several other species of anchovies which are encountered in the same localities. This is a necessary preliminary to investigations of exact spawning locations, studies of larval survival, and other aspects of early life history of anchovetas, in the Gulf of Panama, Gulf of Nicoya, and elsewhere. During the first part of 1956, the scientist assigned to this problem worked with material already collected from the Gulf of Panama the previous year, supplemented by special collections made at Guaymas during the summer. On the basis of this material he was able to make a tentative identification of the anchoveta egg and to identify the larger larvae. During the recent spawning season in the Gulf of Panama this scientist, together with the regular staff members at the Panama laboratory, conducted intensive studies by means of plankton net hauls, larval net hauls, and other techniques to provide material to complete the identifications, and to study, in a preliminary fashion, the locations of spawning in the Gulf. It has been possible quite definitely to identify the anchoveta egg by its predominance in the plankton hauls during the spawning season of this species, and by comparison of the pelagic egg with ripe eggs from adult gonads. By hatching the eggs in the laboratory and maintaining the larvae alive, it has been possible to identify the earliest larval stages up to 96 hours, at which time they are about 3 millimeters in length. Pelagic larvae of the series have

been obtained with standard plankton nets and larval nets, and the larger larvae and juveniles, which dodge such gear, were captured with an otter trawl fitted with a very fine-meshed cod-end. Descriptions of the eggs, larvae, and juveniles, with identifying characterstics are being prepared.

It was discovered that, in the Gulf of Panama at least, the anchoveta spawns late at night, and that the eggs hatch in less than 24 hours. Spawning seems to take place mostly in shallow water near the beach, and to be most concentrated in the vicinity of river mouths.

Investigations in the Gulf of Panama

This is the second full year of field investigations in the Gulf of Panama from our regional laboratory there. These field investigations are directed toward: (1) Investigating the details of the life history and behavior of the population of anchovetas in the Gulf, as a basis of understanding the effects of fishing and of natural factors on the abundance of the resources, and (2) Studying the effects of seasonal upwelling on the hydrography and biological productivity of the Gulf, its variations, and effects on the anchoveta population.

During the year, further detailed studies were made of the age, growth, and spawning of adult anchovetas, and during the latter part of the year there were conducted intensive investigations of important aspects of early life history, which have been discussed above.

In order to study migrations of anchovetas in the Gulf, and as a possible basis for determining the rate of exploitation of the population by the fishery, we have conducted rather extensive tagging experiments during the past two years. These have, unfortunately, so far met with small success. During 1955 there were collected, and liberated 13,000 specimens marked with a plastic "toggle" tag; this resulted in only a single recovery. During 1956, an additional 42,400 tagged specimens were liberated in various parts of the Gulf. From these, ten recoveries were made, but for only seven of them did we obtain the complete data required to determine time at liberty and distance of net movement. Five of the seven were short-term recoveries, of fish at liberty less than ten days, made near the release point. The other two were at liberty 108 and 156 days; they were both released near Taboguilla Island on 27 February and were recovered near Chame Bay, only some ten miles away.

Three possibilities exist to explain the very low recovery rate: (1) the fish died due to the tagging operation, (2) the tags fall off the fish, (3) the population is very large, and only a very small fraction is captured by the fishermen. Additional experiments, involving holding tagged specimens in live-boxes, were conducted during the year to investigate the first two possibilities. From these it was shown that there is an initial mortality of about 50% due to the tagging operation, after which there is little mor-

tality. Unfortunately, none of the experiments lasted long enough to determine whether the tags are shed. Each of the experiments were terminated accidentally after a few weeks, two by storms, and one by a fishing vessel colliding with the live-box. At the time of termination, however, many fish in the boxes still had visible tags, although some might have been shed and not seen. These experiments will be repeated during the next year, with improved precautions against accidents.

Unless there is extensive shedding of the tags, it would seem that the rate of exploitation of the anchoveta population of the Gulf of Panama is quite low. This is, of course, consistent with the results of analysis of data on catch and fishing effort, which has shown that the changes in fishing effort over the last several years have had no measurable effect on the abundance, as measured by the catch-per-day's-bait-fishing.

In order to investigate the effect of the seasonal upwelling, which is induced by the northerly winds during the period between November and April, we are making detailed observations of several kinds at bi-weekly intervals at a station 10 miles southeast of Taboga Island, supplemented by seasonal surveys over the whole Gulf to measure vertical temperature distributions and surface salinity. Continuous records of sea temperature are also obtained by a thermograph at Taboga Island. Records of sea level, sea temperature, and meteorological data are also obtained from the Panama Canal Company at Balboa; these records are a continuation of a fifty year series of such data.

At the fixed station off Taboga Island there were measured, at bi-weekly intervals, the vertical distribution of temperature, salinity, oxygen, and phosphate. Quantitative net hauls were also made to measure standing crops of phytoplankton and zooplankton. Water samples were also taken for the enumeration of species of phytoplankton, and determinations were made of rate of basic production by the carbon fourteen technique.

In Figure 9 are illustrated some of the physical and chemical phenomena associated with the upwelling periods, which may be seen to occur between November and April each year. In the bottom two panels of the figure are shown, respectively, the mean daily wind velocities at Balboa from northern and southern sectors, and the mean daily wind velocity from true north only. The stress of the northerly winds, which blow strongly during the winter months, transports the surface water, which is warm and of low salinity, out of the Gulf, and it is replaced by colder, more saline water from deeper levels off-shore. This is clearly indicated by the top two panels, which show the changes in vertical distributions of temperature and salinity at the station off Taboga Island. The low oxygen content of the recently upwelled water is illustrated by the changes in vertical distribution of this property, which are shown in the third panel. This upwelled water, which originates from the deeper levels, is rich in plant

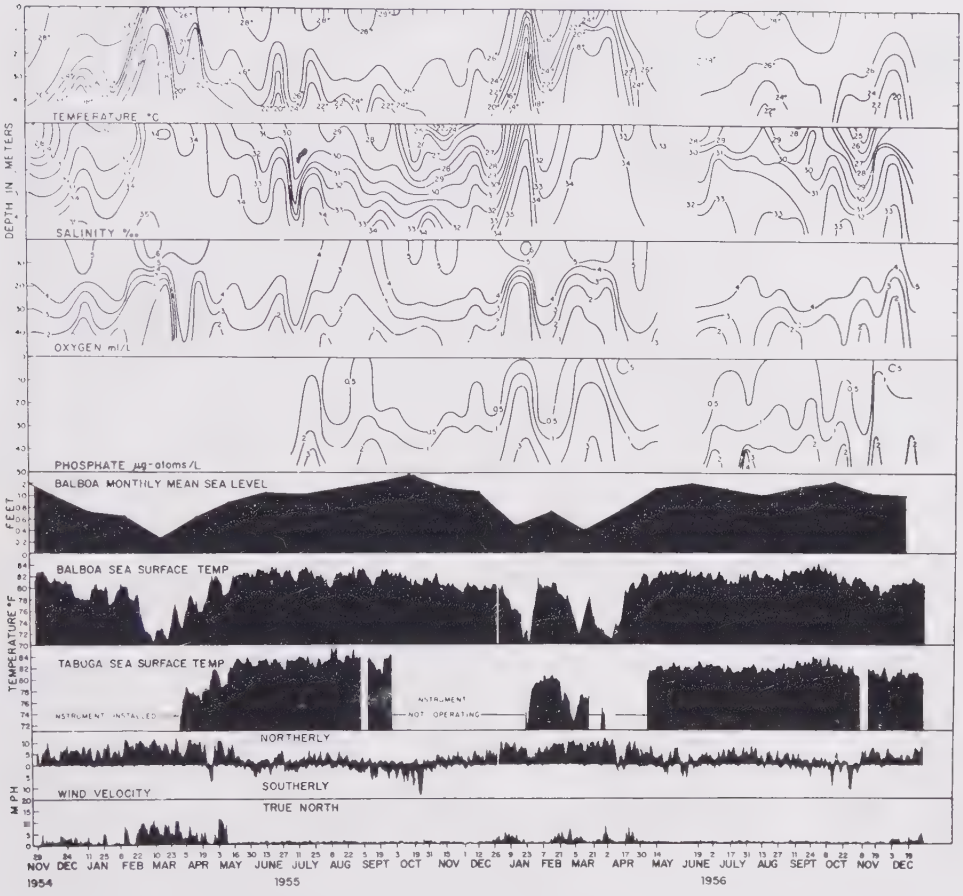

FIGURE 9. Meteorological and oceanographic data from the Gulf of Panama, December 1954-December 1956, illustrating some of the effects of upwelling during the season of northerly winds.

nutrients, as, for example, phosphate, the increase of which during the upwelling season is shown in the fourth panel. The associated depression of the sea surface inshore, and the decrease of surface temperature is illustrated in the remaining panels.

It may also be seen that there are some evident differences in these phenomena between years. In 1955, the northerly winds blew rather steadily until May, while in 1956, there was a period in February when these winds slackened. The slackening of the northerly wind during this period resulted in a notable cessation of upwelling, which is quite evident in the charts of temperature, salinity, oxygen, and phosphate.

By comparing the properties of the water reaching the surface at this station during the upwelling period of 1955 with vertical distribution of properties measured at two stations just off the mouth of the Gulf in November (on the "Eastropic" expedition) it is inferred that the water which

reached the surface in the Gulf originated at a depth of about 50 meters offshore. It appears, therefore, that at least the top 50 meters of Gulf water were removed during the season and replaced by nutrient-rich water.

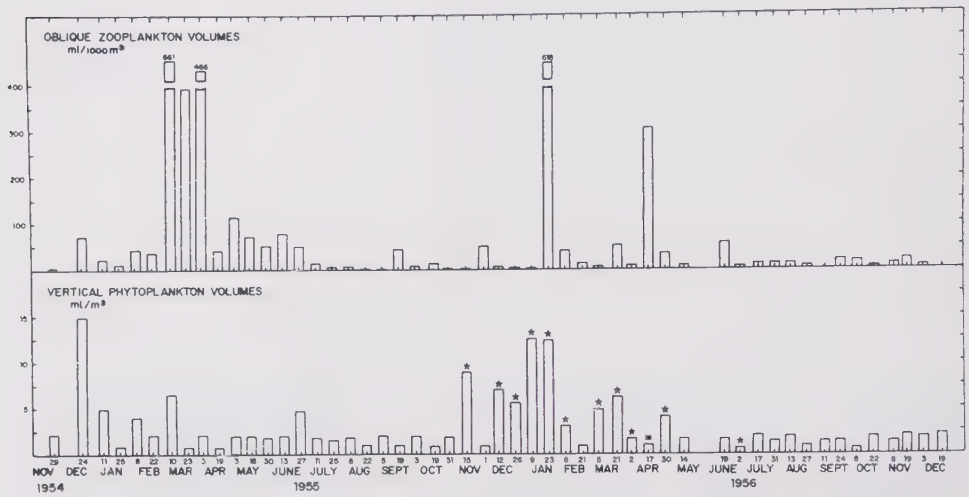
OBLIQUE ZOOPLANKTON VOLUMES
ml/1000m³
VERTICAL PHYTOPLANKTON VOLUMES
ml/m³
NOV DEC JAN FEB MAR APR MAY JUNE JULY AUG SEPT OCT NOV DEC JAN FEB MAR APR MAY JUNE JULY AUG SEPT OCT NOV DEC
1954
1955
1956

FIGURE 10. Phytoplankton and zooplankton volumes at a station in the Gulf of Panama December 1954-December 1956. (Stars indicate phytoplankton volumes which may be somewhat overestimated due to improper settling).

Effects of the introduction of the fertile water on the crops of plants and animals are illustrated in Figure 10. In the bottom panel are shown the changes in standing crop of phytoplankton, measured as settling volume of organisms captured by a vertical haul from bottom to surface with a phytoplankton net of 20 cm. mouth diameter. In the top panel are shown displacement volumes of zooplankton taken in oblique hauls of a standard half-meter zooplankton net (40XXX grit gauze body with 56XXX cod end). It may be seen that the beginning of upwelling in November-December results in an immediate increase in the crop of phytoplankton. The zooplankton, which feeds on the phytoplankton, reaches a maximum some weeks later. The fact that the phytoplankton is actually declining from its peak during the latter part of the period of upwelling, is probably attributable to the effect of grazing by the zooplankton populations. It is interesting to note that the "double" upwelling period in 1956 seems to be reflected in the phytoplankton standing crop.

The enrichment of the Gulf and resulting increase in organisms low in the food chain is rather neatly correlated with the reproductive cycle of the anchoveta. This baitfish has its peak of spawning just at the beginning of the upwelling period, and the crops of food organisms, are, correspondingly, high just when the juveniles are very abundant in the waters of the Gulf. During January and February the small anchovetas are to be seen in great masses all over the Gulf; later in the year, as they reach

large size, they move inshore on the mud flats. It is probable that the success of reproduction of the anchovetas is related to the amount of upwelling. Investigations over the next few years should enable this to be verified.

That the degree of upwelling is quite variable from year to year is shown by the series of Canal Company records of sea level and sea temperature which extend back to 1908. Unfortunately, most of the year-to-year variability seems to be of a random nature. Statistical analyses, which are still in progress, of these series of data, indicated that there is a long-term secular trend, and there is also some slight evidence of periodic variation of about six or seven years' duration. However, the random element is so large that these trends have negligible forecasting value.

In order to study the seasonal succession of phytoplankton species, in addition to the total biomass, we have taken at the fixed station in the Gulf at the regular bi-weekly intervals, water samples at depths of 10 meters and 30 meters for the enumeration of individual species. This sort of counting is a highly specialized task. We have, therefore, arranged with the Institute of Marine Biology of the University of Oslo to conduct these studies on a contract basis. The work is being done under the supervision of Professor Trygve Braarud, who is a leading authority.

Investigations in the Gulf of Nicoya

During 1956 there were continued at our regional laboratory on the Gulf of Nicoya the investigations previously initiated, including extensive observations and collections to follow the effects of the 1953 transplantation in rehabilitating the anchoveta population, and continuing collection of hydrographic data at a number of stations in the Gulf.

Hydrographic data collected from the Gulf of Nicoya include observations of the vertical distribution of temperature, salinity, and oxygen made several times a year at a number of stations. Daily temperature data are obtained from a recording thermograph at Puntarenas, and salinity determinations are made at the same point at weekly intervals. Meteorological data are obtained through the courtesy and cooperation of the Government and other agencies.

The hydrographic data which we have collected from the Gulf of Nicoya during the past few years demonstrate that the regime in this location is quite different from that of the Gulf of Panama. There is little evidence of upwelling at any time. It appears that variations in the distributions of properties are, instead, related primarily to the annual cycle of precipitation, and that the renewal of nutrients in the Gulf is probably largely accomplished by river run-off and by exchange with the open sea through normal processes of estuarine circulation. The data have not yet been fully analyzed; it is hoped that this may be accomplished during the next year.

Increase in the anchoveta population of the Gulf of Nicoya is disappointingly slow. During 1956, specimens continued to appear in our collections both in the inner and outer Gulf, and the occurrence of ripe adults, as well as numbers of very young juveniles in certain localities, indicates that the population is reproducing. The number of fish captured, however, indicates no large increase in the magnitude of the stock, which remains far below a useful size.

Publication of research results

During the year, a considerable share of the time of the staff was devoted to the preparation of publications on the results of the researches. There were completed several *Bulletins*, the titles of which have been given in the Commissioners' report (page 14), and other are being prepared, as noted above.

In addition, members of the staff also publish in other journals. Three additional contributions to "outside" journals were published during the year:

11. Cromwell, T.
    1956—Eastropic expedition
    Pacific Fisherman, July 1956, p. 25 *et seq.*

12. Schaefer, M. B.
    1956—The Inter-American Tropical Tuna Commission and Conservation of the tuna and tuna-bait resources in the Eastern Tropical Pacific Ocean.
    Pan American Fisherman, May 1956, p. 10 *et seq.*

13. Cromwell, T., and J. L. Reid
    1956—A study of oceanic fronts
    Tellus, Vol. 8, No. 1, pp. 94-101.

APENDICE A

INFORME SOBRE LAS INVESTIGACIONES DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL CORRESPONDIENTE AL AÑO 1956

por

Milner B. Schaefer, Director de Investigaciones

El propósito de la Comisión Interamericana del Atún Tropical es el de recoger e interpretar la información que facilite el mantenimiento de las poblaciones de atún y de los peces que sirven de carnada para capturarlo, a niveles que permitan una pesca máxima sostenida año tras año. La convención en virtud de la cual fué establecida la C. I. A. T., autoriza y obliga a la Comisión a efectuar toda clase de investigaciones necesarias para el logro de este propósito, a publicar los resultados y, de tiempo en tiempo, sobre la base de un estudio científico, a emitir recomendaciones para una acción conjunta de los Gobiernos Miembros tendiente a mantener las poblaciones de peces de las regiones que cubre la Convención a aquellos niveles de abundancia que permitan el máximo rendimiento sostenido.

Para efectuar estas investigaciones, la Comisión emplea a un grupo de científicos que se dedican a diversas líneas de estudio, todas ellas parte de un programa completo de trabajo que comprende la biología, ecología y dinámica de las poblaciones de peces de las áreas que cubre la Convención, a fin de determinar los efectos de la pesca y de los factores naturales sobre estas poblaciones y sobre el producto que puede obtenerse de ellas.

Hasta este año, no ha sido posible cumplir en su totalidad el programa adoptado por la Comisión y recomendado a los Gobiernos Miembros. Aún cuando se realizó algún trabajo en cada una de de las diversas líneas de investigación que constituyen dicho programa, en algunos casos no se hizo una labor sobre bases adecuadas. Gracias a un aumento en los fondos durante la última parte del año 1956, que completó la suma recomendada por la Comisión, es posible ahora llenar debidamente la tarea requerida, por lo menos hasta donde es previsible, en una escala conveniente. En particular, ha sido posible un mayor progreso en el análisis de los datos acumulados y en la preparación de los respectivos informes para su publicación; en la intensificación de los estudios sobre la historia natural, hábitos y estructura de las poblaciones de cada una de las especies de atún, especialmente por medio de la marcación de ejemplares; y se han ampliado las investigaciones sobre la oceanografía física, química y biológica y otros trabajos referentes a la ecología de dichas especies.

Durante el año 1956 hemos continuado en forma rutinaria con la compilación y el análisis de los informes contenidos en los registros de bitá-

cora de los barcos pesqueros, de las estadísticas de pesca y de los datos relativos a las operaciones y resultados conseguidos por las flotas atuneras, lo que nos procura la base fundamental para determinar los efectos de la pesca sobre los recursos de atún y de peces de carnada. Está progresando una investigación adicional para obtener índices de abundancia más avanzados, sin tomar en cuenta los efectos de los cambios temporales en los hábitos gregarios de los peces y en las concentraciones de los pescadores. El estudio para lograr modelos matemáticos de la pesquería y su aplicación al atún aleta amarilla, nos ha proporcionado mejores estimaciones sobre el rendimiento promedio sostenible que puede obtenerse de esta especie a diferentes niveles de esfuerzo de pesca, el nivel aproximado del promedio de la máxima producción sostenible, y los límites de confianza en las estimaciones. Ha sido acentuado el esfuerzo en las investigaciones para elucidar los movimientos migratorios y la estructura de las poblaciones de atún, y aquellos aspectos de su historia natural y hábitos de mayor importancia para el conocimiento de la dinámica de dichas poblaciones y así lograr una base sólida para las regulaciones sobre conservación. Continúa en operación un programa para establecer la composición de tamaños de las pescas comerciales, lo que, entre otras cosas, proporciona una base independiente para determinar los efectos de la pesca en los stocks, y proporciona además una base para determinar los efectos del éxito variable de la reproducción en las variaciones en los stocks causadas por factores independientes de las actividades pesqueras debidas a las variaciones por el reclutamiento de la clase más joven. Las investigaciones sobre la oceanografía física, química y biológica del Pacífico Oriental, especialmente con respecto a los fenómenos relacionados con las variaciones temporales y geográficas en la distribución y abundancia de las poblaciones de atún, han continuado en cooperación muy estrecha con científicos de la Institución Scripps, lo que proporciona a la Comisión un más rápido progreso a mucho menor costo de lo que sería posible conseguir en otra forma.

El estudio sobre las especies de carnada se sigue concentrando principalmente en la anchoveta tropical, que es la más importante de las diversas especies usadas como cebo para la pesquería de atún y la de principal interés para los actuales Gobiernos Miembros de la Comisión. En el laboratorio central y en los laboratorios regionales de Costa Rica y Panamá se sigue adelante con la investigación sobre la biología, historia natural, ecología y dinámica de las poblaciones de anchoveta, a la vez que se hace un estudio limitado de otras especies de carnada.

Una vez más deseamos reconocer la muy importante ayuda de la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de California, quien nos proporciona espacio para nuestras oficinas y laboratorios, nos permite el uso de sus facilidades y nos brinda la cooperación de los miembros de su Facultad.

Las investigaciones durante el año 1956 comprenden las siguientes actividades:

1. Compilación de las estadísticas corrientes de la pesca total, volumen y éxito de la pesca, y abundancia de las poblaciones de peces

Fundamentalmente importantes para todas las fases del trabajo de la Comisión son las medidas de la abundancia de las poblaciones de peces que mantienen la pesquería, la magnitud de las pescas que se obtienen de estos recursos, y el esfuerzo de pesca empleado en conseguirlas. Tales datos proporcionan la información básica para la investigación de los efectos que producen las actividades pesqueras en los recursos marinos, y para mantener informada a la Comisión y a los Gobiernos Miembros sobre las condiciones de dichos recursos. También son necesarios para la interpretación de los resultados de las otras investigaciones, en términos de la ecología de las poblaciones de peces. Dichos datos se obtienen, en forma continuada y corriente, de los registros detallados de la pesquería. Nuestro personal mantiene un sistema de recolección, compilación y análisis de los datos sobre la pesca total de cada una de las especies de atún en todas las áreas del Pacífico Oriental Tropical, y de información de una gran parte de las flotas pesqueras con respecto a las áreas de pesca, fechas en que las pescas se efectúan, el esfuerzo de pesca empleado y las cantidades pescadas de cada una de las especies de atún y de peces de carnada.

Hay muy pocas pesquerías en el mundo de las que se tengan a la disposición tan completos y detallados informes estadísticos.

Estadísticas de la pesca total de atún

La pesca total de cada una de las especies de atún de todo el Pacífico del Este se compila cada año gracias a una serie de fuentes de información, tal como se ha dicho en informes anteriores. Las estimaciones resultantes se consideran ser esencialmente correctas, excepto en cuanto a cantidades de poca significación que se consumen fuera de los Estados Unidos, en otros países, y sobre las cuales no existen datos. En la Tabla 1 se indican los desembarques totales de cada especie, provenientes del Océano Pacífico Oriental, por años, desde 1940. Separadamente se indican también las cantidades descargadas en los Estados Unidos o transbordadas con destino a este país en forma de atún congelado. Como en los últimos años estas cantidades constituyen más del 95% de la pesca total del Pacífico Este, se consideran un buen índice de la producción total.

Puede verse como la producción total del atún aleta amarilla aumentó considerablemente en 1956. Este aumento es atribuible a un incremento en el esfuerzo de pesca debido a la capacidad de las flotas para operar más libremente en 1956 que en los dos años anteriores, y a una relativamente buena abundancia en la población del atún aleta amarilla como consecuencia de la acumulación de stocks, asociada a un descanso en el esfuerzo

TABLA 1. PESCA DE ATUN ALETA AMARILLA Y BARRILETE EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL

1940-1956, *en millones de libras.*

	Descargado en los Estados Unidos* o transbordado congelado				Pesca total, Pacífico Oriental				
Año	Atún aleta amarilla	Barrilete	No identificada por especies	Total	Atún aleta amarilla	Barrilete	No identificada por especies	Total	% Atún aleta amarilla
1940	113.9	56.6	....	170.5	114.6	57.6	....	172.2	67
1941	76.7	25.6	. .	102.3	76.8	25.8	....	102.6	75
1942	41.5	38.7	. ..	80.2	42.0	39.0	....	81.0	52
1943	49.3	28.9	....	78.2	50.1	29.4	. ..	79.5	63
1944	63.1	30.0	1.1	94.3	64.1	31.2	1.1	96.4	66
1945	87.3	33.3	. ..	120.6	89.2	34.0	. .	123.2	72
1946	128.4	41.5	.. .	169.9	129.7	42.5	..	172.2	75
1947	154.8	52.9	...	207.8	160.1	53.5	....	213.6	75
1948	199.8	60.9	0.2	260.9	200.3	61.5	7.3	269.1	76
1949	191.7	80.6	1.2	273.5	192.5	81.0	9.2	282.7	70
1950	204.7	126.8	. ..	331.5	224.8	129.3	.	354.1	63
1951	181.8	118.3	3.7	303.9	183.7	121.1	3.7	308.5	60
1952	191.3	89.2	2.8	283.3	192.2	90.8	4.5	287.5	68
1953	138.3	133.6	....	271.9	138.9	133.7	1.6	274.2	51
1954	135.0	172.2	0.1	307.3	138.6	173.7	1.5	313.8	44
1955	135.4	127.1	...	262.5	140.9	128.0		268.9	52
1956	169.0	148.5	.	317.5	177.0	150.3		327.3	54

*Incluyendo Puerto Rico

de pesca en 1954 y 1955. Como se demostrará más adelante, el aumento del esfuerzo de pesca y de la producción, como era de esperarse, estuvo asociado con una declinación en la abundancia, medida ésta de acuerdo con la pesca por día de actividad de la flota de clípers.

Los desembarques de barrilete también aumentaron durante 1956, pero en una extensión menor que los de atún aleta amarilla, a pesar del hecho de que la abundancia promedio de aquél, medida según la pesca por día de actividad de la flota de clípers, parece haber sido ligeramente más alta que la del año precedente. La causa principal de esta discrepancia es la flota redera que, en 1956, experimentó un creciente éxito en la pesca de atún aleta amarilla y un descenso en la del barrilete. La disminución en los desembarques de barrilete por los barcos rederos se debe, por lo menos en parte, a que durante 1956 estos barcos concentraron sus esfuerzos en un mayor grado en la parte más septentrional de la pesquería, en donde normalmente se captura un más alto porcentaje de atún aleta amarilla que más hacia el sur. Los transbordos de las pescas con redes, que procedían de los puertos latinamericanos, disminuyeron notablemente y algunos barcos que tenían su base en el Perú y otros lugares volvieron a pescar desde puertos californianos.

Geográficamente, la pesquería fué muy similar a la de 1955. A pesar de que no se han completado todavía las tabulaciones detalladas del origen geográfico de las pescas, se estima que el atún fué encontrado en una abundancia relativamente mayor en la parte norte de su localización, tanto en 1955 como en 1956, que en los años inmediatamente anteriores.

TABLA 2. PORCENTAJE, POR ESPECIES, DE LOS DESEMBARQUES HECHOS POR CLIPERS CON BASE EN CALIFORNIA

Año	Atún aleta amarilla	Barrilete
1948	81.9	92.3
1949	86.6	94.1
1950	80.6	89.6
1951	90.8	88.7
1952	82.8	87.2
1953	73.1	90.8
1954	85.9	87.8
1955	77.8	88.8
1956	72.9	95.3

La mayor proporción de la pesca de ambas especies de atún es lograda por clípers, embarcaciones que emplean carnada viva para atraer a los peces y caña y anzuelo para capturarlos. Durante 1956, la parte de atún aleta amarilla pescada por los barcos rederos se mantuvo muy por encima del promedio registrado en años recientes (Tabla 2), mientras que la parte del barrilete se consideró debajo de lo normal. Tres factores son probablemen-

te responsables de esto: (1) Como ocurrió en 1955, pero en mucho menor extensión, los clípers estuvieron restringidos en sus operaciones, y la restricción vino tarde en el año, cuando muchos de los barcos rederos se habían dedicado a otras pesquerías. (2) La flota de barcos rederos efectuó la mayor parte de sus operaciones en las áreas septentrionales, frente a Baja California y a la costa de México, en donde estos barcos capturan un mayor porcentaje de atún aleta amarilla que en las áreas más al sur. (3) La disponibilidad para la captura del barrilete por los barcos rederos, fué probablemente menor que el promedio registrado en las áreas septentrionales.

Medida de los cambios en la abundancia de atunes

Mediante los registros de bitácora de una gran parte de la flota de clípers, cada año se computa la pesca por día de actividad que es una medida de la abundancia de cada una de las especies de atún tal como la encuentran, en promedio, los pescadores. Estas cifras de la abundancia aparente pueden no ser siempre proporcionales a la abundancia real de las especies en el mar, por la variable disponibilidad que presentan para la captura, pero como tales variaciones arrojan un promedio en una serie de años, las tendencias son significativas en términos de la abundancia verdadera.

La pesca promedio por día de actividad es computada con respecto a cada una de las especies, por cada una de las clases-tamaños de los clípers atuneros. Aplicando factores de corrección en cuanto a la relativa eficiencia promedio de las embarcaciones de cada clase-tamaño, los datos se combinan también para obtener una sola estimación de la abundancia aparente, en términos de la pesca por día de actividad de una clase-tamaño (clase 4) que se toma como estándar. En la Figura 1 aparecen esas estimaciones sobre cada especie, por los años 1951 a 1956.

Bien puede notarse que la abundancia aparente del atún aleta amarilla disminuyó de 1955 a 1956, con respecto a todas las clases-tamaños de barcos, excepto la clase 5, pero en general se mantuvo sobre los valores de 1954. Una de las razones de la ventaja que presentaron los barcos de la clase 5, fué la adquisición en esta clase, en 1956, de nuevos barcos que son más eficientes. En los análisis subsiguientes, al emplear los factores de eficiencia calculados para cada año, se tomará esto en cuenta en el proceso de computación. La declinación en 1956 en el promedio de la abundancia aparente, se considera un reflejo de la disminución de la abundancia real, asociada a un aumento en el esfuerzo de pesca. Estos cambios coinciden bastante con las expectativas indicadas por los modelos matemáticos de la dinámica de la pesquería.

Estadísticas de la pesca de carnada en 1956

Los barcos que capturan el atún mediante el empleo de carnada viva, son los que cada año descargan la mayor parte de la pesca procedente del

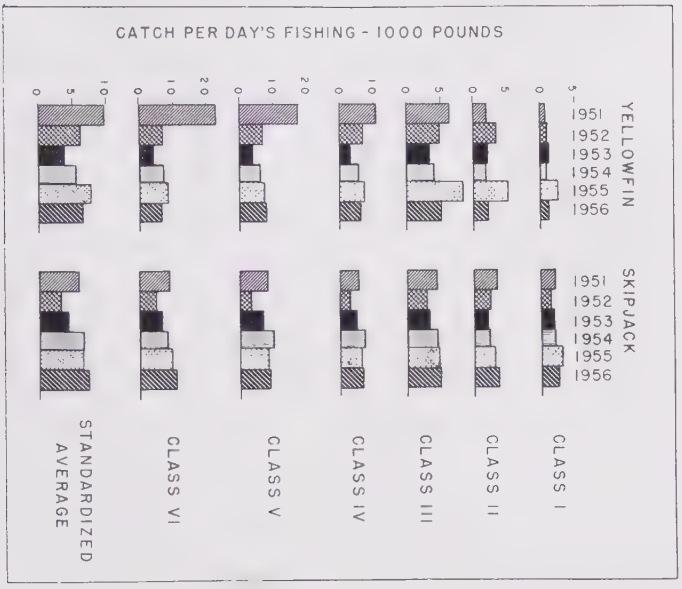

FIGURA 1. Pesca por día de actividad en la captura de atún, por especies y clase de clípers (por tamaños), 1951-1956.

Pacífico Oriental. Del 95 por ciento, aproximadamente, de la totalidad de los viajes efectuados durante 1956 por los barcos que tienen su base en los puertos de California se han obtenido registros cuidadosos sobre las cantidades de cada clase de peces de carnada pescadas y las localidades en que han sido capturadas; además, se ha recogido información similar en cuanto a la mayoría de los viajes hechos al Pacífico Oriental por embarcaciones con base en Puerto Rico. Con anterioridad a 1956, los muy pocos barcos con base en este país no habían sido incluídos en nuestro sistema de registro de bitácoras. Sin embargo, durante este año, un buen número de unidades operan con base en Puerto Rico y, en consecuencia, se han hecho arreglos para incluirlas en el sistema.

Como el personal de la Comisión no puede obtener datos de todos los viajes de la flota entera, debemos estimar las cantidades de cada clase de carnada usadas por aquellos barcos sobre los cuales no se consigue información. Para hacer esto, se supone que la proporción de la cantidad de cada clase de carnada usada en relación con la cantidad de atún capturada por estos barcos, es la misma que la de los que sí obtenemos datos completos de los registros de bitácora. Las cantidades desconocidas de carnada pueden estimarse, entonces, de las cifras conocidas de atún desembarcado

TABLA 3. CANTIDADES ESTIMADAS* Y PORCENTAJES DE LAS CLASES DE PECES DE CARNADA PESCADAS POR CLIPERS** DE 1952 A 1956.

	1952		1953		1954		1955		1956	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)*	2,542	59.5	1,618	37.2	1,820	46.3	1,321	51.0	1,667	45.6
Sardina de California *(Sardinops caerulea)*	286	6.7	413	9.5	203	5.2	541	20.9	362	9.9
Sardina de las Galápagos *(Sardinops sagax)*	596	14.0	1,145	26.3	590	15.0	247	9.6	152	4.2
Anchoa nórdica *(Engraulis mordax)*	577	13.5	814	18.7	604	15.4	159	6.2	594	16.2
Anchoa sureña *(Engraulis ringens)*	.....	.....	36	0.8	553	14.1	214	8.3	355	9.7
Sardina de California y anchoa nórdica, mezcladas y no identificadas separadamente	53	1.2	168	3.9	65	1.7	9	0.4	38	1.0
Arenque *(Opisthonema, Harengula)*	124	2.9	88	2.0	49	1.2	49	1.9	368	10.1
Salima *(Xenocys jessiae)*	51	1.2	31	0.7	23	0.6	21	0.8	27	0.7
Misceláneos y no identificados	40	0.9	36	0.8	20	0.5	25	0.9	95	2.6
TOTALES	4,269		4,349		3,927		2,586		3,658	

*En miles de *scoops*

**En los años 1952-1955 se consideran barcos con base en puertos de la costa occidental de los Estados Unidos, y en 1956 se incluyen barcos con base en Puerto Rico.

por tales embarcaciones; estas estimaciones, sumadas a las cantidades de peces de carnada anotadas en los registros de bitácora, dan la pesca total aproximada de dichos peces lograda por toda la flota.

Las cantidades totales estimadas de cada una de las diversas clases de carnada empleadas en 1956 aparecen tabuladas en la Tabla 3, junto con datos comparativos sobre los años 1952 a 1955. Las cifras correspondientes a años anteriores pueden encontrarse en el Informe Anual de 1955. A pesar de que estas estadísticas no comprenden la carnada que toman algunos barcos con base en la América Latina, sobre lo cual no tenemos registros, ni tampoco incluyen las pescas de los pequeños barcos californianos que trabajan en sólo ciertas estaciones o esporádicamente, representan la mayor parte de la captura de peces de carnada.

La cantidad total de estos peces empleada para la pesca de atún, aumentó de 2,586,000 "scoops" en 1955 a 3,658,000 en 1956. Este apreciable aumento se debe, desde luego, al mayor esfuerzo de pesca a que ya se ha hecho mención.

La anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* fué, como en años anteriores, la especie más importante en 1956; constituyó el 46 por ciento de toda la carnada que se capturó en este año. Más de la mitad de la pesca de anchoveta fué hecha en Guaymas, México, y en el Golfo de Panamá.

Debido a que en 1956 la pesca de atún en aguas frente a México fué relativamente atractiva para la flota, las pescas de sardina de California y anchoa nórdica contribuyeron nuevamente a un alto porcentaje del total. La pesca de atún relativamente improductiva en las áreas del extremo sur, se refleja en la falta de un aumento notable en la pesca de la anchoa sureña, a pesar de los favorables arreglos sobre licencias de pesca en el Perú, y se refleja también en la muy escasa captura de sardinas en las Islas Galápagos. El porcentaje de utilización de esta última especie representa una baja histórica dentro del período 1946-1956.

2. Compilación y análisis de los datos históricos sobre el atún

La tarea primordial de determinar las reacciones de las poblaciones de atún aleta amarilla y barrilete del Pacífico Oriental ante las variaciones en el volumen de la pesca, asociadas con el crecimiento de la pesquería en los años pasados, fué por fin terminada en 1956. Aún cuando los métodos y datos empleados en estos análisis, así como algunos de nuestros descubrimientos en el campo científico, han sido ya expuestos en Informes Anuales anteriores, y una publicación que resume el estudio completo está siendo distribuída, vale la pena insistir sobre las conclusiones a que se ha llegado y examinar, en contraste con estos antecedentes, los datos que más recientemente hemos logrado recoger.

En las Figuras 2 y 3 aparecen, tanto con respecto al atún aleta amarilla como al barrilete, índices de la pesca total, de la abundancia (pesca por día

estándar de actividad) y de la relativa intensidad calculada de la pesca en una serie de años comprendidos entre 1934 y 1955. Estas medidas están fundamentadas, en su mayor parte, en datos recogidos de los registros de bitácora de los barcos de carnada de California, complementados con informaciones estadísticas tomadas de fuentes industriales y gubernamentales.

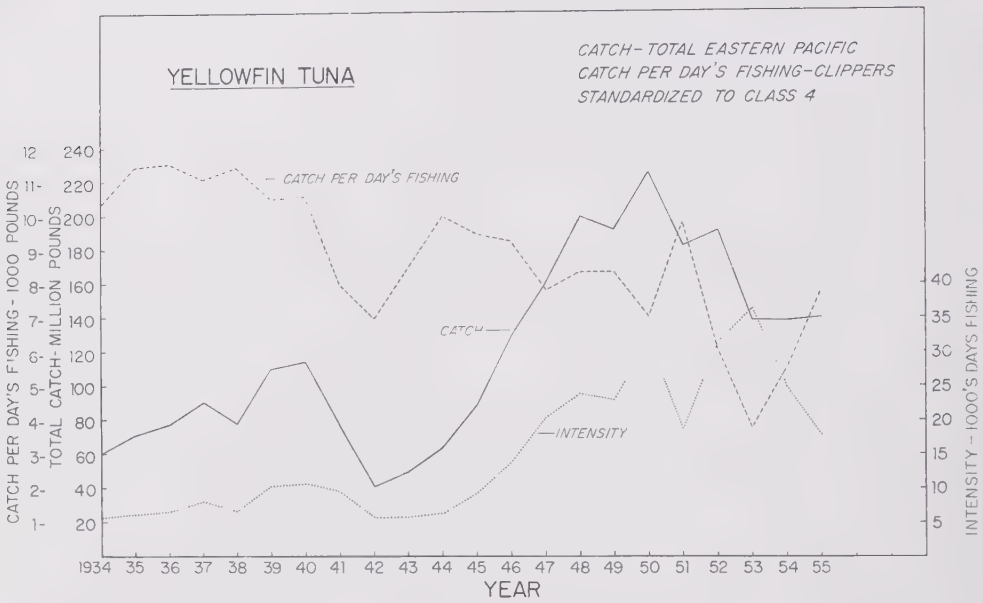
YELLOWFIN TUNA
CATCH-TOTAL EASTERN PACIFIC
CATCH PER DAY'S FISHING-CLIPPERS
STANDARDIZED TO CLASS 4
CATCH PER DAY'S FISHING
CATCH
INTENSITY
CATCH PER DAY'S FISHING - 1000 POUNDS
TOTAL CATCH - MILLION POUNDS
INTENSITY - 1000'S DAYS FISHING
YEAR
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55

FIGURA 2. Pesca total, pesca estandarizada por día de actividad, y cálculo de la relativa intensidad de la pesca de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental.

Tomando en consideración la relación inversa entre los cambios en el volumen de la pesca y los cambios en la abundancia de la población en el período 1934-1954, se llegó a la conclusión, con respecto al atún aleta amarilla, de que hay relación mesurable de causa y efecto entre la intensidad de la pesca y el tamaño promedio del stock susceptible de ser pescado. Aún más, parece que la intensidad en la pesca de esta especie en algunos años recientes, puede haber sido suficientemente grande como para acercarse a la que corresponde al rendimiento máximo sostenible.

En cuanto al barrilete, nuestras conclusiones han sido enteramente diferentes. Como no existe una aparente relación entre las variaciones en la abundancia y en el esfuerzo de pesca, se considera que la magnitud del stock del barrilete está más afectada por factores independientes de la pesquería que por el volumen de la pesca, a los niveles de esfuerzos de pesca hasta ahora observados. En consecuencia, parece que esta especie puede soportar un promedio de producción sostenible considerablemente más alto del que es objeto actualmente.

Los datos que corresponden al año 1955 concuerdan con estas conclusiones generales. Se registró un aumento muy agudo en la abundancia del atún aleta amarilla, con una merma en la intensidad de la pesca, como se esperaba, y la pesca total se mantuvo a un nivel que fué más o menos el mismo que el del año anterior, en tanto que el barrilete registró bajas simultáneas en los tres índices. Esto último, sin embargo, no ofrece motivo de preocupación, debido a las amplias variaciones en la abundancia que sabemos se presentan de un año a otro en esta especie. A pesar de que nuestras tabulaciones estadísticas no están terminadas todavía, parece que con el aumento en el esfuerzo de pesca experimentado durante el año, hay una baja en la pesca por unidad de esfuerzo en cuanto al atún aleta amarilla, pero la pesca total es mayor en 1956 que en 1955. Con respecto al barrilete, se considera que hay aumento en la abundancia, en la intensidad de la pesca, y en la pesca total.

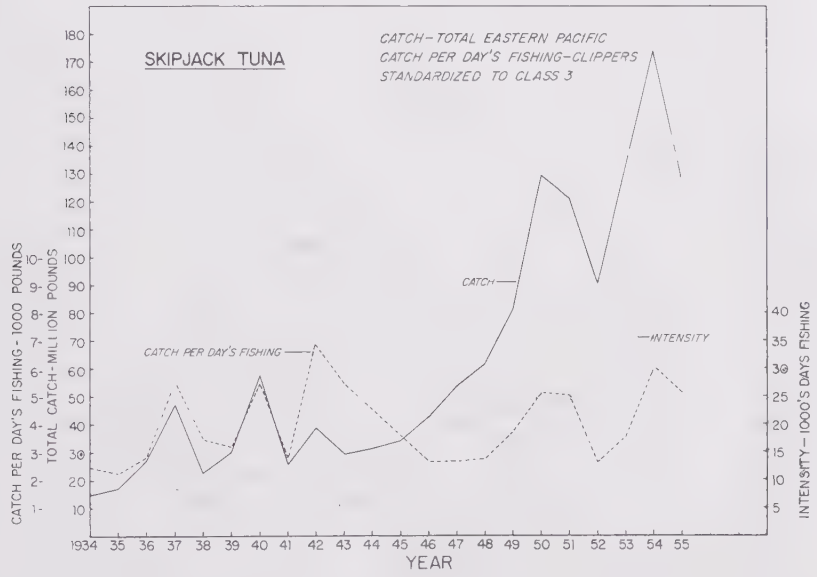
SKIPJACK TUNA
CATCH-TOTAL EASTERN PACIFIC
CATCH PER DAY'S FISHING-CLIPPERS
STANDARDIZED TO CLASS 3
CATCH
INTENSITY
CATCH PER DAY'S FISHING
CATCH PER DAY'S FISHING - 1000 POUNDS
TOTAL CATCH - MILLION POUNDS
INTENSITY - 1000'S DAY'S FISHING
YEAR
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55

FIGURA 3. Pesca total, pesca estandarizada por día de actividad, y cálculo de la relativa intensidad de la pesca de barrilete en el Océano Pacífico Oriental.

A fin de conseguir una confirmación independiente de los efectos de la pesca en los stocks de atún aleta amarilla, los que han sido inferidos con la ayuda de las series históricas de datos sobre la pesca, la pesca por unidad de esfuerzo y la intensidad de las actividades pesqueras, hemos examinado también los datos que tenemos a mano con respecto a la composición de los tamaños encontrados en las pescas, según los registros de bitácora de los clípers. Si los cambios en la intensidad de la pesca afectan la magnitud de la población a través de cambios en la tasa de mortalidad, debemos esperar que el tamaño promedio de los peces ha de estar rela-

cionado en sentido inverso con el esfuerzo de pesca. Un buen número de capitanes o patrones de los clípers atuneros anotan en sus registros de bitácora las categorías de tamaño de los peces capturados, de acuerdo con el número de cañas unidas a un único anzuelo empleado para atrapar cada pez. Las anotaciones de esta naturaleza durante el período de 1947 a 1954, indican que con el aumento del esfuerzo de pesca aumenta el porcentaje de los peces pequeños (pescados con una sola caña). Los registros de ventas de artes de pesca que lleva uno de los mayores vendedores de esta clase de equipos, también indican que durante los años 1939 a 1941 y 1949 a 1955, las ventas de anzuelos y plumas para la captura de ejemplares pequeños constituyeron un mayor porcentaje del total de ventas en los últimos años de alta intensidad pesquera. Estos datos, aunque no son tan precisos como los referentes a las "mediciones en el mercado" que actualmente se efectúan (según se comentará más adelante), son los únicos de que puede disponerse durante los años que precedieron a la iniciación de nuestro trabajo. Dichos datos tienden a confirmar las conclusiones a que nos han llevado nuestros análisis anteriores.

Los resultados de los estudios a que se ha hecho mención han comprendido la totalidad de las poblaciones del Pacífico Oriental de cada una de las especies de atún. Es posible que la pesquería opere en varias subpoblaciones semi-independientes. Sin embargo, si hemos de llevar todavía más adelante nuestra investigación sobre la dinámica de las poblaciones de estas especies en relación con la pesquería, necesitamos conocer las divisiones biológicas naturales, de existir alguna, de estas poblaciones de atún. De acuerdo con esto, estamos ahora dando prioridad en nuestro trabajo a la resolución de este complicado problema, como se dice en otra parte de este informe. Entre tanto, sin embargo, se continúa la tarea para lograr los métodos que nos permitan obtener mejores estimaciones de la abundancia que las que tenemos hasta ahora, y penetrar en el conocimiento de los efectos de las diferencias en la disponibilidad entre estaciones y años sobre el éxito de la pesca. Nuestros esfuerzos a este respecto, durante 1956, se han encaminado de la siguiente manera:

Como es sabido que los pescadores tienden a visitar ciertas áreas en las estaciones en que el atún aleta amarilla y barrilete se congregan en ellas, las estimaciones de la densidad de la población, deducidas de los registros de un año, serían más altas, en promedio, que la densidad real de los peces en toda el área de la pesquería. En consecuencia, para obtener una medida de la abundancia que no se pesa por la distribución del esfuerzo de pesca, hemos comenzado a computar, de los resúmenes de los datos de los registros de bitácora de cada uno de los años de 1947 a 1955, la pesca de atún aleta amarilla y barrilete por unidad de esfuerzo, por unidad de área de superficie del mar, mediante el empleo de los cuadrados de 60 millas que se tienen como unidad básica en nuestro sistema estadístico de áreas. Estas estimaciones de la densidad, integradas sobre toda la región de la pesquería del Pacífico Oriental, deben proporcionarnos una estimación más

cercana a la realidad de las reservas de atún aleta amarilla y barrilete; y su distribución comparada entre estaciones y años ha de contribuir a la información sobre la variabilidad, en tiempo y en espacio, en las agrupaciones de estas especies.

También, con respecto a los barcos de carnada en años más recientes (1951 a 1955), hemos comparado trimestralmente las estimaciones de la abundancia del atún aleta amarilla (obtenidas al dividir la pesca total de toda la región de la pesquería por el número total de días estándar de esfuerzo) con las estimaciones computadas por los mismos trimestres al promediar la pesca por día estándar de actividad por cada cuadrado de 60 millas en todas las subáreas en que se efectuaron las actividades pesqueras. Esto nos proporciona una base para evaluar las variaciones en la disponibilidad del atún aleta amarilla debidas a las variaciones en los hábitos gregarios de los peces y al éxito de los pescadores al tomar ventaja de dichas variaciones.

3. Estimación de la relación entre el esfuerzo de pesca y la pesca de equilibrio con respecto al atún aleta amarilla

Como pudo notarse en el capítulo anterior, los datos que ofrece la Figura 2 nos permiten sacar conclusiones útiles en cuanto a los efectos de la pesca en los stocks de atún aleta amarilla del Pacífico Oriental, y obtener alguna idea acerca de la magnitud aproximada del esfuerzo de pesca correspondiente al rendimiento máximo sostenible. Sin embargo, también es posible estudiar estos datos en una forma más precisa y llegar a algunas estimaciones cuantitativas de estas relaciones.

Con este propósito hemos trabajado en el sentido de desarrollar un modelo matemático de las relaciones dinámicas entre el volumen de la pesca, la abundancia promedio, y el promedio del rendimiento sostenible (o promedio de la pesca de equilibrio) y aplicar dicho modelo a los datos de la pesquería de atún aleta amarilla. Los detalles sobre el desarrollo y aplicación de este modelo son demasiado extensos para presentarlos en este informe; serán objeto de un Boletín que está en preparación. Los resultados esenciales aparecen en la Figura 4.

En dicha figura se indican los valores reales de la intensidad de la pesca y captura en cada uno de los años de la serie 1934-1955, bajo el epígrafe de "Actual Catch". La línea quebrada rotulada "Estimated Equilibrium Catch", indica la mejor estimación de la pesca promedio de equilibrio correspondiente a cualquier valor de la intensidad de la pesca en el eje horizontal. El grado de confianza estadística de la pesca de equilibrio estimada se indica en la figura con las dos líneas bajo el epígrafe "Confidence Limits", los cuales dan, con respecto a cualquier valor en la intensidad de la pesca, los límites superior e inferior del intervalo dentro del cual hay un 90 por ciento de probabilidad de que esté comprendido el valor real.

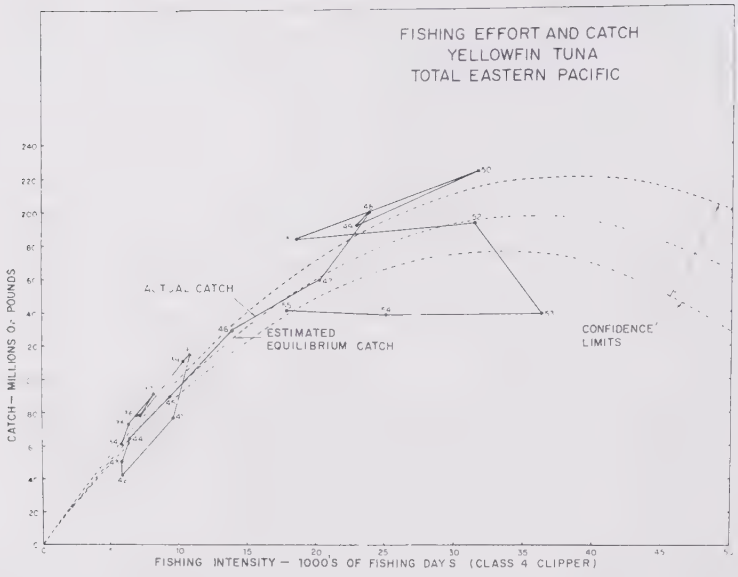

FIGURA 4. Relación entre la intensidad de la pesca y la captura de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental. Los valores exactos de la captura se indican por cada año de 1934 a 1955. Las líneas de puntos indican el valor estimado de la pesca promedio de equilibrio correspondiente a los valores del esfuerzo de pesca en el eje horizontal y los límites de confianza de 90 por ciento sobre esta estimación.

Puede apreciarse como, sobre la base de este análisis, la mejor estimación del valor máximo de la pesca de equilibrio es aproximadamente de 198 millones de libras, y se presenta a una intensidad de 35,500 días estándar de pesca. Sin embargo, los límites de confianza de 90 por ciento tienen sus máximos a alrededor de 176 millones de libras y de 222 millones, y corresponden, respectivamente, a valores ligeramente más bajos y más altos en la intensidad de la pesca.

También puede observarse en esta figura que solamente en 1950, 1952 y 1953 la intensidad del esfuerzo de pesca verdaderamente se acerca a la que corresponde a la estimada pesca máxima de equilibrio. La intensidad ha aumentado un poco en 1956 con respecto a 1955, aunque los datos no se han completado todavía para hacer un cálculo exacto, pero permanece debajo de la correspondiente a la pesca máxima de equilibrio.

Debemos remarcar que las curvas teóricas han excedido a los datos observados. Otras observaciones a niveles más altos de la intensidad de la pesca se hacen desear, con el próposito de verificar lo valioso del pronóstico de este modelo y de permitir, tal vez, que se reduzcan los límites de confianza.

4. Fuerza potencial de pesca de las flotas

La intensidad de la pesca a la que están sujetos los recursos de atún en cualquier año, depende del número y tamaño de las embarcaciones de las

flotas, y del número de días que estas unidades dedican a la pesca durante el año. Este último factor ha sido bastante variable en años recientes porque, debido a circunstancias de carácter económico, los barcos, especialmente los de la flota de clípers, han estado restringidos en sus actividades en mayor o menor grado por limitaciones en las cantidades de atún que ellos podían vender.

A fin de registrar y examinar los cambios en las flotas pesqueras, hemos computado los índices de la *fuerza potencial de pesca*, tanto de los clípers atuneros como de los barcos rederos que tienen como base los puertos de California. Este cómputo se ha hecho cada año. Dicho índice, por cada tipo de barco, fué computado al multiplicar el número de embarcaciones en cada clase-tamaño dedicadas a la pesquería en un año dado, por el factor que expresa la eficiencia promedio de los barcos de tal clase-tamaño, relativa a una clase seleccionada como estándar. Sumando estos valores en todas las clases-tamaños, obtenemos un índice de la fuerza potencial de la pesca en términos del número de barcos de la clase tamaño estándar. Con respecto a los clípers, la clase-tamaño 4 (de 200 a 300 toneladas de capacidad) fué seleccionada como estándar, y se emplearon los factores de eficiencia promedio correspondientes a los años 1947 a 1955. En cuanto a los barcos rederos, se escogió como estándar la clase-tamaño 3 (de 100 a 200 toneladas de capacidad) y se usó, en este caso, los factores de eficiencia promedio de los años 1952 a 1955.

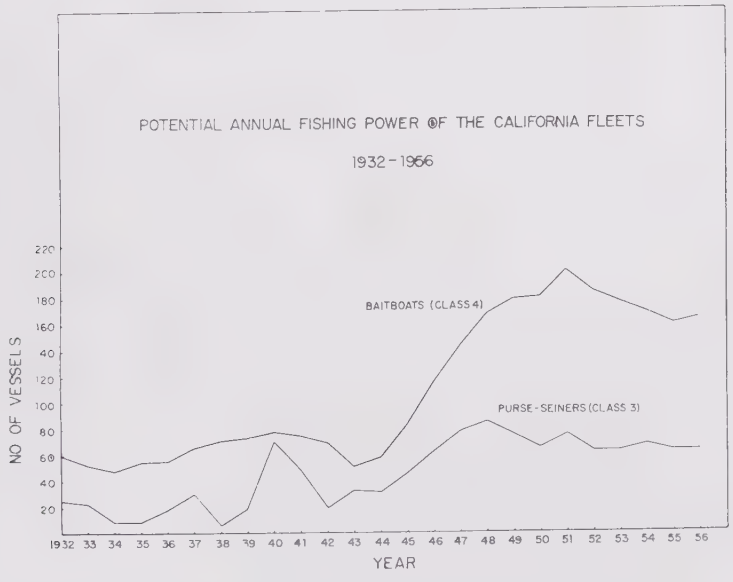

FIGURA 5. Fuerza potencial anual de pesca de las flotas de clípers y barcos rederos que operan desde puertos de California, 1932 a 1956.

En la Figura 5 aparece, con respecto a los años 1932-1956, la fuerza potencial anual de pesca de las flotas de clípers y de barcos rederos con base en puertos de California. Como cada año estos barcos pesan en la preponderante mayoría de la captura de atún del Pacífico Oriental, los cambios de un año a otro en su fuerza potencial de pesca nos proporcionan un buen medio de seguir el curso de la intensidad de las actividades a las cuales las especies de atún están sujetas. Nótese que cada índice es comparable con su mismo índice año tras año, pero no lo son los números de los equivalentes de los barcos estándar de las dos flotas. Es decir, el equivalente de un barco estándar de la flota de clípers no representa la misma fuerza de pesca que el equivalente de un barco estándar de la flota redera. Sería deseable, por supuesto, expresar la fuerza de pesca de ambas flotas en unidades comunes, pero esto no ha sido logrado todavía; es un asunto que presenta alguna dificultad debido a la diferencia en las pautas geográficas y estacionales a que ajustan sus operaciones las dos flotas.

La fuerza potencial de pesca de la flota de carnada aumentó rápidamente en los años de la posguerra, hasta 1951. Posteriormente, como las pérdidas sufridas por la flota excedieron a los reemplazos, la fuerza potencial ha declinado constantemente. Experimentó un ligero crecimiento en 1956, a pesar del hecho de que se perdieron más barcos que los que se sumaron a la flota, debido al mayor tamaño y eficiencia de las unidades construídas más recientemente. No esperamos un mayor aumento en 1957 porque hay muy pocas construcciones en progreso. Con el desgaste normal y las pocas construcciones nuevas, se espera que la flota mantenga su nivel actual o sufra un ligero descenso.

Refiriéndonos a los barcos rederos, la fuerza potencial de pesca, como se ha computado en este informe, varió un tanto erráticamente en los años de la preguerra. Esto se atribuye al hecho de que, para la mayor parte de la flota, la pesca de atún fué suplementaria a la de sardinas y, en consecuencia, en algunos años algunos barcos no participaron en la pesquería de túnidos. Los cambios de la posguerra no han sido tan notables. La fuerza potencial de pesca llegó a un máximum en 1948, y desde entonces ha marcado una tendencia hacia abajo debido a las pérdidas, con algunas variaciones causadas por cambios de unos pocos barcos dentro y fuera de la flota. Desde hace varios añnos no se han vuelto a construir barcos atuneros para la pesca con redes envolventes, ni tampoco hay ninguno en construcción y, hasta donde hemos podido comprobarlo, no se tiene nada en proyecto hasta el momento.

Como hemos visto por las Figuras 2 y 4, la máxima intensidad en la pesca de atún tropical se alcanzó en 1953, año durante el cual las embarcaciones operaron sin restricción alguna. Desde entonces, la capacidad de pesca de ambas flotas ha declinado. En consecuencia, parece que, aún cuando las flotas operasen sin restricciones durante el próximo año, no es probable que la intensidad de la pesca alcance un nivel que exceda a aquél

que se estima corresponde a la pesca máxima de equilibrio en todo el conjunto de stocks de atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental.

5. Compilación y análisis de los datos históricos de los peces de carnada

La Comisión tiene el deber, en virtud de la Convención que la creó, de estudiar no solamente los efectos de la pesca y de los factores naturales sobre las poblaciones de atún aleta amarilla y barrilete, sino también de investigar los mismos efectos en los stocks de peces de carnada. Por eso hemos recogido toda la información que ha sido posible en relación con las operaciones de pesca para obtener carnada, y los resultados que al respecto ha logrado la flota atunera, lo que nos proporciona una base para estimar las cantidades de cada especie de estos peces sacadas de cada una de las áreas de pesca de carnada; el esfuerzo de pesca empleado en conseguir estos resultados; y la abundancia de las poblaciones de peces de carnada según se presenta para los pescadores.

Nuestras tabluaciones han demostrado que cada año la pesca de peces de carnada está constituída predominantemente de cinco especies: anchoveta *(C. mysticetus)*, sardina de las Galápagos *(S. sagax)*, sardina de California *(S. caerulea)*, anchoa nórdica *(E. mordax)* y anchoa sureña *(E. ringens)*. Como las tres últimas especies son usadas en otras pesquerías en cantidades mucho mayores que para carnada y como en lo referente a la *S. sagax* su extremada variabilidad en la abundancia de un año a otro probablemente no depende de las cantidades capturadas por los pescadores de atún, hemos concentrado principalmente nuestros esfuerzos en el análisis de las series históricas de datos relativos a la anchoveta, por ser esta importante especie la más empleada como cebo para el atún.

La información biológica indica que la población de anchovetas en cada una de las mayores áreas de pesca de carnada es una unidad biológica independiente. En consecuencia, hemos examinado separadamente los datos de cada una de estas importantes áreas (Bahía de Almejas, Guaymas, Punta Ahome, Golfo de Fonseca y Golfo de Panamá) acerca de las cuales tenemos estimaciones en cuanto al esfuerzo de pesca, captura y abundancia aparente en el período de años comprendido entre 1947 y 1954 inclusive. Durante 1956 fué completado el análisis de estos datos y los resultados resumidos para su publicación. Los estudios indicaron que en cada una de estas áreas de pesca de carnada se presentan variaciones de consideración en la abundancia de la anchoveta, pero que tales variaciones no tienen correlación con el esfuerzo de pesca a que los stocks han sido sometidos durante este período de ocho años. Por ende, parece que, a los niveles corrientes de intensidad de pesca, los factores naturales tienen mayor importancia como causantes de los cambios en los stocks de anchovetas que el volumen de las actividades pesqueras.

Estas series estadísticas se continúan rutinariamente. Las cifras correspondientes a 1955 y los datos preliminares de 1956 indican que no hay

necesidad de modificar las conclusiones basadas en las informaciones anteriores.

6. Investigación sobre la estructura de la población de atún y sus movimientos migratorios

Uno de los más difíciles problemas a cuyo estudio damos prioridad, es la determinación del grado en que las poblaciones de cada una de las especies de atún se encuentran divididas en subpoblaciones independientes o semi-independientes, y los límites geográficos u oceanográficos de tales subdivisiones de población. Este problema necesita ser resuelto para lograr una base que nos permita investigar en mayor detalle la dinámica de las poblaciones de estos recursos, incluyendo los efectos de la pesca, y también como una base para una eficiente administración de la pesquería en el futuro, ya que, hasta donde es posible, cualquier reglamentación administrativa necesitará ser aplicada individualmente a cualquiera de las separadas unidades de población que puedan existir.

Esto demuestra que, como se ha dicho, el problema es complejo y serio, en parte por las dificultades técnicas de la necesaria investigación, pero también porque parece probable que no existe una simple solución. Hasta donde los datos han sido acumulados, hay indicación de que los tamaños comerciales de cada una de las especies de atún no constituyen una sola unidad biológica, homogéna, susceptible de mezclarse rápidamente; al mismo tiempo hay razón para creer que pueden no existir subpoblaciones completamente separadas, que se basten a sí mismas, en áreas geográficas específicas.

Estamos abordando este problema mediante tres líneas principales de investigación; estudios morfométricos, cambios en épocas y áreas en la composición de tamaños de las pescas comerciales, y la medida que directamente se hace de los movimientos migratorios al recobrar los especímenes marcados. Otros sistemas de investigación también son de importancia con relación a este problema, porque nos proporcionan una información auxiliar útil.

Investigaciones morfométricas

Durante el año, a bordo de barcos pesqueros comerciales en alta mar, se recogieron datos morfométricos de diversas series adicionales de especímenes de barrilete. Estas muestras fueron escogidas tratando de eliminar los confusos efectos producidos anteriormente dentro de las áreas por diferencias entre las medidas tomadas por distintas personas. El análisis de estos datos no ha sido terminado todavía, pero las computaciones que hasta ahora se han hecho demuestran que, con respecto a una o más dimensiones del cuerpo, existen diferencias entre áreas que son mucho mayores de las que podrían atribuirse a variaciones en el muestreo y, consecuentemente, que el barrilete de diferentes regiones presenta, en promedio,

verdaderas diferencias morfométricas. Esto indica que no estamos tratando con una población completamente homogénea, aún cuando no queda excluída la posibilidad de una mezcla de consideración.

También se obtuvieron datos morfométricos adicionales sobre el atún aleta amarilla durante los viajes de nuestros científicos a bordo de embarcaciones pesqueras comerciales. Aunque las investigaciones no han avanzado todavía lo suficiente como para ser definitivas, los estudios preliminares indican que estas especies también presentan, en promedio, verdaderas diferencias en la forma del cuerpo de los peces de las diversas regiones de la pesquería, y que la población de atún aleta amarilla no es enteramente homogénea.

Composición de tamaños de la pesca comercial

Hemos seguido adelante con el programa de muestreo continuo de los desembarques comerciales para establecer la composición de tamaños de los stocks de tamaños utilizables en el mercado, de cada una de las especies de atún, durante todo el año, en cada una de las doce áreas de pesca (ver Figura 7 del Informe Anual correspondiente a 1955). Comparando las curvas de las frecuencias de tamaños entre un área y otra en meses diferentes, esperamos determinar: (a) Si existen diferencias características persistentes entre las áreas de pesca; (b) Si las tasas de crecimiento del atún son diferentes en varias áreas; y (c) Si es posible, por comparación de las secuencias temporales de los tamaños modales en las áreas adyacentes, determinar las pautas migratorias de ciertos stocks.

Esta línea de investigación requiere grandes cantidades de datos en un período de varios años para llegar a conclusiones firmes en cuanto a la estructura de la población. Los datos que tenemos a mano, sin embargo, indican que probablemente existen varias subdivisiones de la población de atún aleta amarilla, caracterizadas por diferencias al tiempo de aparecer en la pesca comercial de la clase anual entrante (presumiblemente relacionadas con las diferencias en las épocas de desove) y por diferencias en los tamaños (longitudes) modales en diferentes áreas durante los mismos meses. La comparación de la progresión temporal de los tamaños modales del atún aleta amarilla en áreas adyacentes, particularmente en las regionss al norte del Golfo de Tehuantepec, nos ha proporcionado la base para llegar a una hipótesis acerca de movimientos estacionales entre áreas; estas hipótesis requieren, sin embargo, mayores datos para comprobarse y una confirmación a base de los resultados de las marcaciones, antes de ser publicadas.

Marcación, liberación y recobro de atunes

La forma más directa de abordar el estudio de la estructura de la población es la de marcar los especímenes y echarlos de nuevo al mar para su recobro posterior, a fin de elucidar las pautas de migración que siguen

estos peces. Este trabajo fué comenzado en la última parte del año 1955 y se ha continuado vigorosamente durante 1956.

Previa experiencia del Laboratorio de Pesquerías del Estado de California había demostrado que es posible marcar el atún con algún éxito por medio de una señal consistente en una pieza plástica ensartada en los músculos dorsales en la parte baja posterior de la segunda aleta dorsal, ajustando los extremos hasta formar un lazo. Sin embargo, los porcentajes de peces recobrados en estos experimentos (alrededor de uno por ciento en el atún aleta amarilla y de un medio por ciento en el barrilete) han sido tan extremadamente bajos que el número de liberaciones necesario par lograr suficientes recobros que permitan elucidar las pautas migratorias sería casi prohibitivo. Como por el análisis de las estadísticas de pesca parece que las tasas de explotación son mucho mayores que las correspondientes a los recobros de peces marcados que han logrado los científicos del Laboratorio de Pesquerías del Estado de California, creímos que el bajo porcentaje de especímenes recobrados se debía probablemente en su mayor parte a la mortalidad de los peces causada por la operación de marcación, a pérdidas en el agua de las señales de los peces, o a que los pescadores u otras personas no notaron las marcas en los especímenes después de su captura. En consecuencia, durante 1956 se ha puesto mayor énfasis en nuestra investigación para tratar de mejorar las marcas y las técnicas de marcación y de esta manera aumentar el porcentaje de recobros. Al mismo tiempo hemos intentado liberar peces marcados en diferentes estaciones del año, en toda la extensión de la pesquería, a fin de hacer un comienzo en la recolección de los datos necesarios para determinar los movimientos migratorios del atún.

Desde puertos de California nuestros científicos han realizado siete viajes completos dedicados a la marcación de atunes a bordo de clípers atuneros comerciales. En la Tabla 4 aparece un resumen del trabajo realizado en estos viajes y de los recobros que se han logrado hasta el final del año. Puede notarse, tomando en cuenta particularmente los datos recogidos en los primeros viajes, respecto de los cuales ha transcurrido bastante tiempo, que ha habido algún éxito en el aumento de la tasa de los recobros. Además, en la primavera de 1956 se hizo un viaje a bordo de un barco redero de California durante el cual se marcaron 234 atunes aleta amarilla y 5 barriletes. No se ha recobrado ninguno de estos especímenes; sin embargo, como en la mayoría de los peces se empleó una marca algo diferente, no podemos determinar todavía si la falta de recobros se debe al método de captura o a la marca.

Quizás la mayor dificultad en la marcación de atún es la de que estos peces tienen mucha fuerza, pero al mismo tiempo son muy delicados. Su vigoroso forcejeo durante la marcación puede causarles daño, a pesar de que durante esta operación se les sostiene en una especie de "cuna" bordeada de suave goma esponjosa; también la fatiga muscular excesiva pue-

TABLA 4. RESUMEN DE LA MARCACION DE ATUNES A BORDO DE CLIPERS ATUNEROS DURANTE 1956

Viaje No.	Barco	Fecha en que terminó el viaje	Areas pescadas	Número de ejemplares marcados		Recobrados hasta el 31 de diciembre, 1956	
				Atún aleta amarilla	Barrilete	Atún aleta amarilla	Barrilete
1	Concho	1/29/56	Norte de Sudamérica	356	1006	19	19
3	Mary Lou	4/26/56	De Manzanillo al Golfo de Fonseca	160	71	2	1
4	Mary Lou	6/25/56	Islas Revilla Gigedo	139	199	8	3
5	Mary Lou	9/17/56	Islas Revilla Gigedo y Baja California	36	382	2	5
6	May Queen	11/16/56	América Central, Golfo de California, y Baja California	179	172	1	0
7	South Coast	11/13/56	Baja California	219	915	9	13
8	Jeanne Lynn	12/24/56	Islas Revilla Gigedo y Tres Marías	340	323	1	3

de debilitarlos a tal punto que muy pronto después de liberados resulten fácil presa de los tiburones y otros peces rapaces. Por esta razón hemos intentado hacer la operación rápidamente para devolverlos al agua lo más pronto posible y no medimos el pez. La importancia de la condición de los peces marcados en el momento de liberarlos ha sido demostrada al clasificarla como "buena", "regular", o "mala" (con base en el tiempo que el animal ha estado fuera del agua; en la intensidad de la lucha durante la marcación; en evidencias de magullamiento o cualquier otro daño; y en la observación de su capacidad para nadar al ser devuelto al agua) y al comparar las tasas de los recobros de los tres grupos. Hay una tasa de recuperación significativamente más alta de los peces en mejor condición, siendo esto sobre todo notable en el barrilete que se muestra más activo durante la marcación que el atún aleta amarilla.

En el modelo original de la marca hecha de material plástico tubular, ésta se ajustaba mediante un nudo doble en forma de ocho. Esto toma tiempo y además se sospecha que algunos nudos se sueltan. Para aumentar la rapidez en la marcación, hemos reemplazado el nudo por una grampa de acero inoxidable o de metal "Monel", que puede cerrarse rápidamente con un alicate. Para acelerar más el procedimiento, estamos desarrollando un aplicador de marcas casi automático. Un modelo que fué probado con unos pocos peces en los cruceros 4 y 7, ensarta la marca en el pez, aplica la grampa y corta el exceso de material en una sola operación. Este modelo no demostró ser muy efectivo en estas pruebas, y ha sido temporalmente eliminado para usar otro más sencillo que, después de ensartar la marca en el pez con la mano, aplica la grampa y deja arreglada la marca en una operación rápida. Este último modelo se está sometiendo a mayores pruebas y parece ser efectivo.

En los cruceros 4 y 5 sometimos a prueba una tina para marcar los atunes bajo el agua en lugar de sostenerlos en la "cuna" bordeada de goma esponjosa. Parece, sin embargo, que cualquier ventaja que se gana al sostener el pez dentro del agua, se pierde con el mayor tiempo requerido para colocar la marca en estas condiciones.

Siete de los peces recobrados durante 1956 con marcas de largo tiempo, nos han hecho ver que después de unos seis meses la marca hecha de material plático tubular se torna quebradiza, presumiblemente debido a la lixiviación del material que suaviza el plástico, y puede romperse y desprenderse del pez. Estamos buscando un material más apropiado para sustituir al plástico. Entretanto, hacemos experiencias con la marca tubular de material plástico "vinyl" reforzada con un alma o centro de monofilamento de nylon, que no es afectado por el agua de mar.

Los 86 recobros que ya se han logrado de la marcación de 1956 hecha a bordo de barcos comerciales de California son, por supuesto, inadecuados para hacer inferencias sobre pautas migratorias, tanto por su reducido número como porque, con excepción de las primeras marcaciones, los peces no han tenido todavía mucha oportunidad para moverse lejos. Muchos de los recobros se hicieron en el primer mes después de la marcación y se notó que los peces se habían alejado mucho menos de 100 millas del punto en que fueron liberados. El hecho de que algunos peces se alejan a distancias considerables ha sido comprobado, sin embargo, por varios de los recobros. Dos atunes aleta amarilla devueltos al agua en el Banco de Guayaquil, fueron recogidos aguas al frente de Chimbote a unas 400 millas al sur. Un barrilete soltado en el mismo lugar fué pescado 140 millas al norte, frente al Ecuador. Dos atunes aleta amarilla liberados en la primavera al suroeste de Manzanillo, se recuperaron en el verano en la vecindad de las Islas Tres Marías y en el Banco Morgan, frente a Baja California. Del primer viaje a bordo del "Concho", también hubieron dos recobros interesantes, un atún aleta amarilla y un barrilete que se echaron al agua cerca del Banco de Guayaquil, se hallaron más o menos en el mismo lugar once meses después. Esto puede indicar que estos peces no se habían alejado mucho durante este tiempo, o que una pauta de migración anual los hizo regresar al punto de partida después de un año.

Durante 1956, con la cooperación del Gobierno del Perú, se hicieron arreglos para destacar a uno de nuestros científicos en el norte de este país en donde, con la ayuda de asistentes contratados en la localidad, se encuentra dedicado a la marcación de atún a bordo de embarcaciones que operan desde los puertos de Máncora y Paita. Este arreglo hará posible la liberación durante todo el año de atunes marcados en aguas frente a la parte septentrional de Sudamérica, lo que no podía lograrse a bordo de los barcos de California porque normalmente éstos frecuentan aquella área durante sólo unos pocos meses del año. Estas operaciones de marcación se comenzaron en setiembre. Durante los cuatro meses del año 1956 que se

anotan a continuación, se han liberado las siguientes cantidades de atunes marcados:

Setiembre—41 atunes aleta amarilla; 121 barriletes
Octubre—140 atunes aleta amarilla; 116 barriletes
Noviembre—112 atunes aleta amarilla; 362 barriletes
Diciembre—38 atunes aleta amarilla; 407 barriletes

Hacia fines de diciembre se habían recobrado 5 atunes aleta amarilla y 2 barriletes, ninguno de los cuales se había alejado mucho durante el corto tiempo que tenían de marcados.

7. Otros aspectos de la historia natural y hábitos del atún

A pesar de que los problemas sobre la estructura de la población y los movimientos migratorios son de muy grande importancia, se requieren también estudios sobre otros aspectos de la historia natural y hábitos de las especies de atún y de sus relaciones con las características físicas y biológicas de su ambiente. Se necesitan informaciones de esta naturaleza como base para comprender los efectos que causa la pesca en los recursos, así como las variaciones en la abundancia y el rendimiento de las poblaciones, variaciones que son causadas por otros factores independientes de la pesquería. Durante 1956 se continuaron las investigaciones en diversas líneas de nuestro estudio.

Investigaciones basadas en el análisis de la composición de tamaños de la pesca comercial

Los datos sobre la composición de tamaños de los stocks de atunes de tallas comerciales son, como se indicó anteriormente, muy valiosos para elucidar la estructura de la población y los movimientos migratorios de estos peces. Tales datos son también de utilidad para estimar las edades y la tasa de crecimiento y, conjuntamente con las estadísticas de pesca, para determinar la presencia de las clases anuales dominantes y para estimar la tasa de mortalidad.

La recolección de frecuencias de tamaños de las muestras sacadas de los desembarques comerciales, que fué comenzada en 1954, se continuó durante 1956 tanto en San Pedro como en San Diego. También se colectan datos suplementarios en nuestra estación al norte del Perú. Los informes se recogen, hasta donde es posible, por cada mes y por cada una de las doce áreas de pesca; en nuestro informe anual del año pasado ofrecimos un mapa de dichas áreas. Debido a que la pesca se rige por épocas, no se han podido obtener muestras de todos los meses por cada área, pero las principales áreas están representadas en todos o en casi todos los meses.

Durante el año se completó un análisis de los métodos de muestreo correspondientes a este programa de "mediciones en el mercado". El objetivo del muestreo, por supuesto, es obtener por cada mes y área de pesca una representación de la verdadera composición de tamaños de la pesca

comercial en un grado especificado de exactitud. Por el hecho de que el atún tiende a agruparse por tamaños y los pescadores operan sobre estas agrupaciones, esto no resulta un asunto sencillo, ya que los peces capturados en un área durante un mes no están distribuídos homogéneamente, con respecto al tamaño, en las bodegas de todos los barcos que los pescan. En resumen, el análisis ha indicado que el plan más eficiente es el que consiste en tomar una muestra relativamente pequeña de los peces de cualquier compartimiento de las bodegas e incluir diversas de estas muestras, de diferentes barcos si es posible, para representar cada categoría correspondiente a un área y un mes determinados. Sobre la base de este estudio estamos ahora en condiciones de continuar el programa rutinario con resultados más efectivos y con un mínimo de esfuerzo humano. Un informe sobre este estudio acerca del muestreo ha sido ya terminado para su publicación.

También hemos realizado estudios de la composición comparativa de tamaños de las pescas efectuadas por los barcos de carnada y por los rederos, para determinar si, en promedio, una selectividad diferencial es ejercida por los dos métodos de pesca. El análisis, por lo menos hasta donde se ha hecho, indica que no existen diferencias significativas.

Mediante el estudio de la progresión temporal de los modos en la distribución de frecuencias por tamaños, que representan clases anuales, es posible determinar la tasa de crecimiento de las especies de atún y hacer inferencias en cuanto a las edades. Estos estudios de los datos correspondientes a 1954 y 1955 indican que, por cada especie, el grueso de la pesca consiste de sólo dos grupos de edades y, en algunas áreas, de solamente uno de estos grupos. El atún aleta amarilla entra en el stock comercial cuando alcanza unos 55 cm., a cuyo tamaño se cree que tiene más o menos un año de edad, aún cuando hay una posibilidad de que sea un año mayor. Menos del diez por ciento de la pesca de atún aleta amarilla está constituído por peces de más de un metro de longitud, tamaño en que se cree pueden tener unos tres años. El grueso de la pesca de barrilete está formado por dos grupos de edades, considerándose que los peces están en su segundo y en su tercer año de vida, a pesar de que puede ser posible que haya un error de un año en el cálculo de dichas edades. De todos modos, parece que ambas especies crecen relativamente rápido y los peces en su mayor parte son explotados por la pesquería a edades tempranas.

Evidencia del desove mediante el examen de las gónadas

Los muestreos de los desembarques comerciales para determinar las épocas de desove del atún por el examen de las gónadas, han sido ampliados para incluir áreas de pesca de importancia que no estaban comprendidas en nuestros estudios iniciales. Los resultados obtenidos hasta ahora pueden ser brevemente resumidos como sigue:

Atún aleta amarilla

El muestreo por dos años en la región adyacente a Baja California in-

dicó la presencia durante el verano y el otoño de algunos peces sexualmente maduros y recientemente desovados. Aunque hay probabilidad de que se produzca algún desove en dicha región, es también probable que la mayoría de los peces no desovan en esta vecindad.

Los alrededores de las Islas Revilla Gigedo, en donde hemos recogido datos durante tres año, parecen ser un área importante de desove. El atún aleta amarilla desova aquí de mayo a setiembre.

En el área de alta mar frente a la América Central, con dirección norte hacia los alrededores de los 12° N. de latitud, parece que el atún aleta amarilla desova en cierta extensión durante todo el año, con un máximum en el período comprendido de diciembre a marzo. Al norte de esta región, en la vecindad del Golfo de Tehuantepec, se pescan unos pocos peces sexualmente maduros y hay alguna evidencia de una mayor variación estacional en el estado de madurez. Aunque los datos recogidos en esta última región no son todavía adecuados para sacar conclusiones firmes, parece que el atún aleta amarilla de esta área es algo diferente, en cuanto a maduración y desove, del atún de la región frente a la América Central.

Aguas afuera de la América del Sur hacia el norte del Golfo de Guayaquil hemos encontrado peces en estados avanzados de madurez sexual. Sin embargo, al sur de Cabo Blanco, hasta ahora solamente hemos hallado peces que no han alcanzado su madurez; pero hay que advertir que no disponemos de muestras provenientes de esta área por todos los meses del año.

Solamente unas pocas muestras han sido recogidas de las Islas Clipperton y Cocos. Dichas muestras, sin embargo, indican que esta especie probablemente desova en estas vecindades al menos durante el invierno y a principios de la primavera.

Barrilete

Se está acumulando la evidencia de que esta especie es probable que desove principalmente muy lejos de la costa. Las muestras recogidas durante dos años en la región cercana a la costa de Baja California, solamente presentan especímenes más bien inmaturos. En la zona frente a la América Central, los peces capturados a principios de la primavera muestran algún desarrollo sexual, pero pocos especímenes se encontraron en estados muy avanzados. De modo similar, no se han hallado gónadas muy avanzadas en peces provenientes de áreas cercanas a las costas de Sudamérica. Por otra parte, entre junio y octubre o noviembre, las vecindades de las Islas Revilla Gigedo parecen ser una importante área de desove de esta especie; cerca de las Islas Cocos y Clipperton se han pescado algunos especímenes de avanzada madurez.

Huevos, larvas y estados juveniles

El estudio de la aparición de huevos, larvas y ejemplares en estado juvenil es una línea correlativa, que puede ser más definitiva, de la investiga-

ción sobre la reproducción del atún. La capacidad de identificar estos estados, sin embargo, es básica para este estudio, lo cual resulta complicado por el hecho de que, además del atún aleta amarilla y del barrilete, también se presentan en esta región otros túnidos y peces parecidos al atún que son poco aprovechados comercialmente (tales como el atún "ojos grandes" u "ojotes" *Parathunnus*), o de ningún valor comercial (como *Euthynnus, Auxis*). En consecuencia, durante el año pasado hemos continuado tratando de abordar el problema de establecer características que puedan identificar los huevos, las larvas y los estados juveniles del atún aleta amarilla y del barrilete, así como los de esos otros peces que pueden presentarse junto a ellos en el Pacífico Oriental. Durante 1956 se logró un progreso sustancial en la recolección de material en el mar y a través del intercambio con otras entidades investigadoras que se dedican a trabajos similares.

Es tan pobre el conocimiento de las características de los huevos pelágicos maduros del atún, que actualmente no pueden ser distinguidos con certeza de los de otros grupos de peces y mucho menos identificarlos por especies. Hemos clasificado un gran número de huevos de peces tomados de las muestras de plancton, recogidas éstas durante la Expedición "Eastropic" en una extensa región del Pacífico Oriental, algunas de áreas conocidas como localidades de desove del atún; estos huevos son al presente estudiados por un científico de la Institución Scripps, que es especialista en la identificación de huevos de peces.

El problema de la identificación de larvas y de ejemplares juveniles de las diversas especies de atún requiere la determinación de características que permitan diagnosticar todos los estados del desarrollo. Actualmente estamos reuniendo series de referencia mediante la identificación de los juveniles más grandes usando caracteres de adultos y luego comparando éstos con más pequeños especímenes. En el curso de otros trabajos a bordo de barcos de investigación y también de barcos comerciales, hemos pescado con luz y red de mano, durante la noche, un gran número de pequeños peces y de esta colección hemos hecho un buen comienzo para el establecimiento de series de los siguientes peces: *Auxis, Scomberomorus, Pneumatophorus* y *Euthynnus*. Se han coleccionado series menos completas de atún aleta amarilla y barrilete, pero nuestras colecciones han sido complementadas mediante el intercambio de material con la entidad "Pacific Oceanic Fishery Investigations", en el Pacífico Central, y otros especímenes fueron encontrados en colecciones hechas en el Golfo de México, que la unidad del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, que trabaja en aquella área, ha puesto a nuestra disposición.

En los arrastres de mangas hechos en las Expediciones "Eastropic" y "Scope", se espera encontrar los más pequeños estados planctónicos. Aunque las extensas recolecciones de la Expedición "Eastropic" no han sido todavía completamente clasificadas en cuanto a larvas de peces, en las muestras hasta ahora examinadas hemos obtenido ya varios especímenes de escómbe-

ridos, probablemente incluyendo atunes. La clasificación del material de la Expedición "Scope" no ha sido aún comenzada.

Alimento de los atunes

En el curso de otros trabajos, según se ha presentado la oportunidad, hemos hecho recolecciones de contenidos estomacales de los atunes para determinar las clases de organismos que les sirven de alimento. El examen de este material indica que el atún es omnívoro y aparentemente ejercita poca selectividad en su alimentación. Come varias clases de peces, cefalópodos y crustáceos de mayor tamaño. Parece que, siendo los organismos suficientemente grandes como para que puedan ser percibidos y suficientemente pequeños para ser ingeridos, el atún los come. Probablemente la cantidad de organismos que constituyen el forraje es de mayor importancia para el atún que su grupo taxonómico particular.

Hábitos gregarios

Como la agrupación del atún cerca de la superficie del mar en cardúmenes grandes y compactos es la base para ambos métodos de captura (con carnada y con red de encierre), el estudio de la naturaleza de estas agrupaciones es de importancia obvia, particularmente como un fundamento para la implantación de reglamentos prácticos de conservación, cuando sean necesarios.

Ambas especies de atún se presentan, en general, en las mismas áreas y en las mismas épocas, por lo que naturalmente es importante llegar a saber hasta qué punto tienden a agruparse en cardúmenes separados de una sola especie, o en cardúmenes mezclados de las dos especies. Un medio de estudiar esto ha sido el análisis de los registros de bitácora de los barcos rederos, casi todos los cuales en años recientes han llevado anotaciones sobre los resultados de cada operación con la red o "calada"; algunos de estos barcos disponen de registros que se remontan al año 1946. Si razonablemente suponemos que cada calada se hace en un solo cardumen, podemos determinar qué parte de los cardúmenes y de las pescas resultantes de estas caladas provienen de cardúmenes de una sola especie. Los datos correspondientes a los años 1946 a 1955 han sido estudiados con algún detalle y se ha preparado un Boletín acerca de ellos. Las conclusiones principales han venido a indicar que, a pesar de que hay alguna diferencia en la agrupación por especies en diferentes áreas de pesca, los cardúmenes puros (consistentes de una sola especie o con muy poca mezcla de la otra) dominan en las pescas en forma frecuente, siendo esta tendencia notoriamente invariable de un año a otro. En la Figura 6, por ejemplo, aparecen indicados por cada año los porcentajes de caladas que han tenido como resultado pescas de atún aleta amarilla solamente, a sólo de barrilete, o una mezcla de las dos especies. Es evidente que la gran mayoría de los cardúmenes encontrados cada año por los barcos rederos eran cardúmenes "puros". Los datos correspondientes al año 1956 demuestran los mismos resultados. Durante ese año, los patrones o

capitanes de los barcos que llevaron registros (con exclusión de los datos sobre algunos viajes en que las embarcaciones tenían órdenes de pescar solamente atún aleta amarilla) anotaron 1401 caladas que dieron como resultado 20,712 toneladas de atún. El 87.8 por ciento de las caladas produjeron una sola especie, porcentaje que constituye el 88.9 por ciento de la pesca total.

No se dispone de registros similares de los barcos de carnada, ya que los patrones de esta clase de embarcaciones muy pocas veces anotan los resultados de la pesca de cada cardumen. Sin embargo, en el curso de los cruceros dedicados a la marcación de atún, nuestros científicos están recogiendo estos datos mediante observaciones directas. El volumen de información que tenemos a mano actualmente resulta todavía inadecuado para su publicación, pero los resultados indican que la pesca de los barcos de carnada se hace también en gran parte sobre cardúmenes "puros". No obstante, el porcentaje de la pesca proveniente de cardúmenes mezclados es probablemente algo más alto en estos barcos que en los rederos. Esto parece ser debido, por lo menos en parte, a la tendencia del atún de ser atraído hacia el barco cuando se está echando la carnada, de manera que lo que a veces comienza siendo un cardumen puro puede muchas veces convertirse en un cardumen mezclado durante la operación de pesca.

También se sabe, por observaciones anteriores hechas en el mar, así como por los datos que resultan de nuestro programa de "mediciones en el mercado", que el atún tiende a agruparse por tamaños. Con el propósito de obtener datos cuantitativos sobre este fenómeno y sus variaciones en espacio y en tiempo, se ha encargado a nuestros científicos que se dedican a la marcación de especímenes a bordo de embarcaciones comerciales la tarea subsidiaria de medir los tamaños de los pescados que se han tomado como muestras representativas de cardúmenes individuales.

8. Investigaciones sobre la oceanografía física, química y biológica y sobre la ecología del atún

El estudio de la distribución geográfica de las pescas de atún, a través de los registros de bitácora de las embarcaciones pesqueras, demuestra que estas especies no están distribuídas uniformemente en el Pacífico Oriental, sino que tienden a concentrarse en ciertas áreas; y que estas regiones de concentración son notoriamente las mismas de un año a otro, a pesar de que hay variaciones notables en su relativa importancia en diferentes estaciones y en diferentes años. Estos estudios están basados principalmente en el gran número de datos pormenorizados que se obtienen mediante el sistema de registros de bitácora instituído en 1951. Sin embargo, a juzgar por los datos de los diarios de pesca que se dispone de años anteriores al citado y por los informes verbales de los pescadores, parece que las mismas regiones de concentración existieron también en aquellos años. Esto nos lleva a creer que se trata de características bastante permanentes relacionadas con la circulación oceánica. Los resultados de las Expediciones

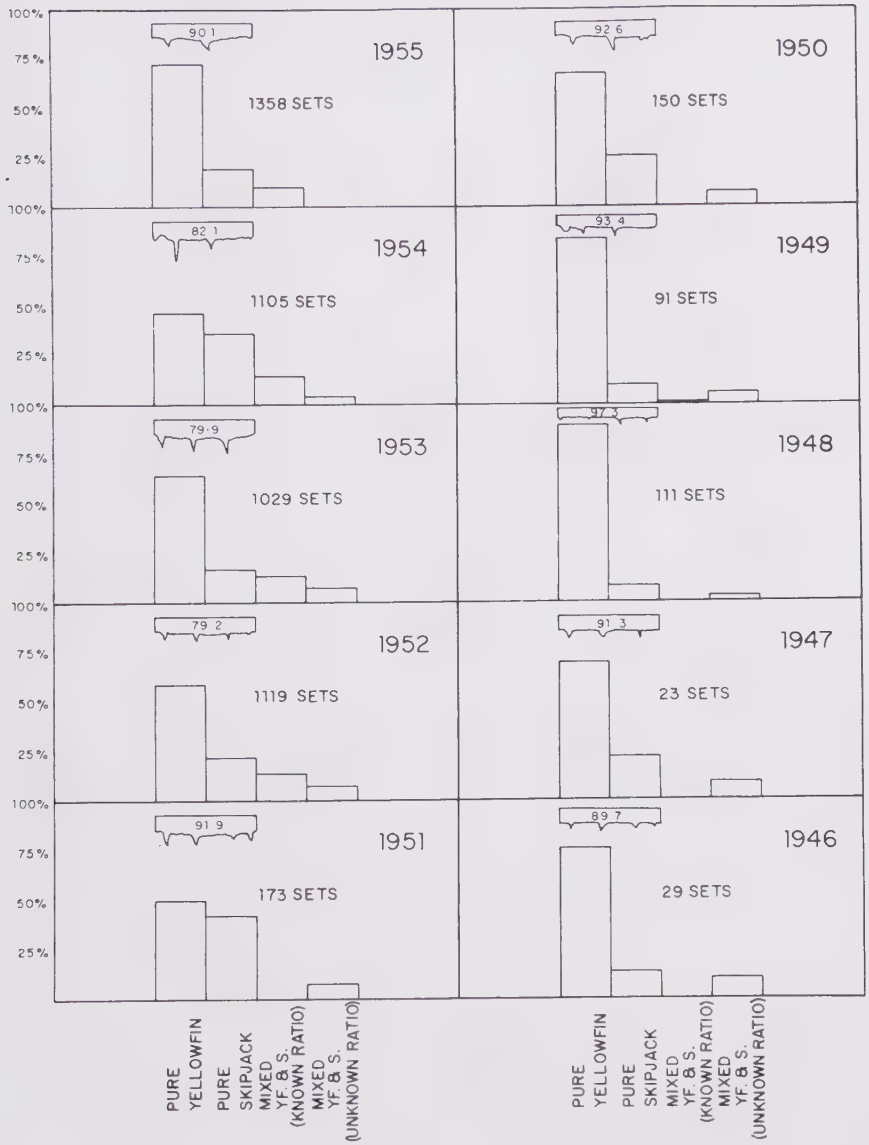

FIGURA 6. Porcentaje de "caladas" de los barcos rederos que tuvieron como resultado pescas de atún aleta amarilla solamente, de sólo barrilete, o una mezcla de las dos especies. Las barras incompletas indican el porcentaje de "caladas" que dieron como resultado pescas de cardúmenes puros de una u otra especie.

"Shellback" en 1952 y "Eastropic" en 1955, indican que las regiones de concentración de atún son regiones en que la reserva de organismos de zooplancton es alta y que están caracterizadas también por procesos físicos que conducen a una alta productividad básica de los organismos que constituyen la base de la cadena alimenticia.

En consecuencia, parece razonable llegar a la hipótesis de que el atún tiende a ser más abundante en aquellas partes del mar en que encuentra las mejores condiciones de alimentación, y que éstas están relacionadas con fenómenos sistemáticos de la circulación oceánica. Cuando las aguas más profundas, ricas en elementos nutritivos, son llevadas a la zona eufótica, la producción de fitoplancton se estimula provocando a su vez la de organismos alimenticios y finalmente la agrupación de grandes predadores, incluyendo las especies de atún. Para lograr comprender con propiedad este sistema, es necesario continuar los estudios sobre la oceanografía física, química y biológica en tres fases: (1) Descripción de la circulación oceánica general y distribución de propiedades, incluyendo las propiedades biológicas en toda el área de nuestro estudio, con el objeto de descubrir las características que estimulan la producción orgánica. (2) Estudios detallados de estas características para descubrir cómo se mantienen físicamente y elucidar los procesos por los cuales se soporta la vida marina. (3) Descubrimiento de las causas de las variaciones temporales en estas características y procesos, y relación de sus variaciones con las que se operan en la distribución y abundancia del atún.

Nuestra investigación ha progresado bien dentro de la primera fase y se ha hecho algún comienzo en la segunda y tercera. El trabajo en el mar necesario para describir las condiciones oceanográficas en general, en toda la extensión del Pacífico Oriental Tropical, se realizó mediante dos importantes expediciones: la "Shellback" en 1952 y la "Eastropic" en 1955; los informes recogidos en ambas fueron complementados con los datos adquiridos en anteriores expediciones. Los datos de la "Shellback" y los de las anteriores expediciones han sido resumidos y analizados por científicos de la Institución Scripps y de la Comisión del Atún, y se publicarán próximamente. Los datos sobre oceanografía física obtenidos durante la Expedición "Eastropic" se están analizando actualmente, en tanto que un informe que contiene gran cantidad de datos biológicos ha sido ya terminado para su publicación en nuestro *Boletín*.

Parece que la productividad básica es alta y está acompañada de concentraciones de atún, (1) donde hay afloramiento; (2) en la vecindad de las anticlinas térmicas (regiones en que una termoclina fuertemente desarrollada sube cerca de la superficie); (3) a lo largo de las transiciones entre las masas de agua; y (4) en donde la mezcla vertical es desusadamente efectiva. Frecuentemente no es posible atribuir la existencia de un centro de abundancia de atún a una sola de estas características, ya que dos o más de ellas ocurren a menudo simultáneamente.

Por la importancia que las anticlinas tienen en la productividad, se ha comenzado un extenso estudio de la topografía de la termoclina en toda la región del Pacífico Oriental Tropical, basado en los varios miles de registros batitermográficos obtenidos en dicha región durante los diez o doce años pasados. Esperamos preparar, por estaciones, cartas geográficas de la

profundidad promedio hasta la termoclina, pero probablemente encontraremos algunas fallas en áreas de las que existe poca información y será necesario complementarlas en futuras expediciones.

Una anticlina de particular importancia se encuentra asociada con el borde norte de la Contracorriente Ecuatorial, cerca de los 10° N. de latitud, anchándose y haciéndose muy poco profunda en la bien conocida área de la pesquería de atún frente a la América Central. En esta área se efectuaron investigaciones especiales como parte del programa de la Expedición "Eastropic", lo que nos proporcionó alguna información sobre los procesos físicos y biológicos que allí se desarrollan. Investigaciones más extensas y detalladas se efectuaron en la reciente Expedición "Scope".

La "Scripps Cooperative Oceanic Productivity Expedition" (SCOPE) fué realizada por la Institución Scripps en cooperación con la Comisión del Atún, con el soporte económico del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, del 7 de noviembre al 16 de diciembre de 1956. Esta expedición tuvo como objetivos principales: (1) la determinación de las variaciones que en las diferentes áreas ocurren en la productividad básica y en las reservas de organismos del fitoplancton y del zooplancton, y de los constituyentes físicos y químicos con los que dichos organismos están asociados, en la región entre Baja California y Panamá; y (2) la conducción de estudios detallados de los procesos biológicos y de los fenómenos físicos asociados con ellos en la región de la anticlina térmica de la América Central. El rumbo y la posición de las estaciones de la expedición aparecen en la Figura 7.

Las observaciones que rutinariamente se hicieron en este crucero comprendieron: radiación solar; distribución vertical de la luz de día submarina; distribución vertical de la temperatura, salinidad, oxígeno, fosfatos, nitratos y concentración de iones de hidrógeno; medidas *in situ* y en la incubadora de la fotosíntesis en las aguas de superficie empleando la técnica del C^{14}; determinación de las reservas de fitoplancton por medio de la medición de la clorofila "a" y mediante arrastres verticales hasta 50 metros; determinación de las reservas de zooplancton por medio de arrastres oblicuos hasta 300 metros. En varias estaciones la distribución vertical de la asimilación del carbón catorce fué también medida *in situ*. En la región de la anticlina térmica frente a Centroamérica, además de las determinaciones rutinarias, a intervalos muy cortos se hicieron observaciones especiales de la distribución vertical de las propiedades a través del estrato de agua mezclada y bien adentro de la termoclina, arrastres de redes para conocer la distribución vertical de los organismos zooplanctónicos, así como series de medidas verticales de la proporción de la fotosíntesis y de la clorofila "a", que se efectuaron con espacios muy cercanos unos de otros.

Esperamos que los datos rutinarios de las estaciones nos proporcionen un cuadro mejorado de la localización de las áreas altamente productivas y un mejor conocimiento de los fenómenos físicos y químicos con los que

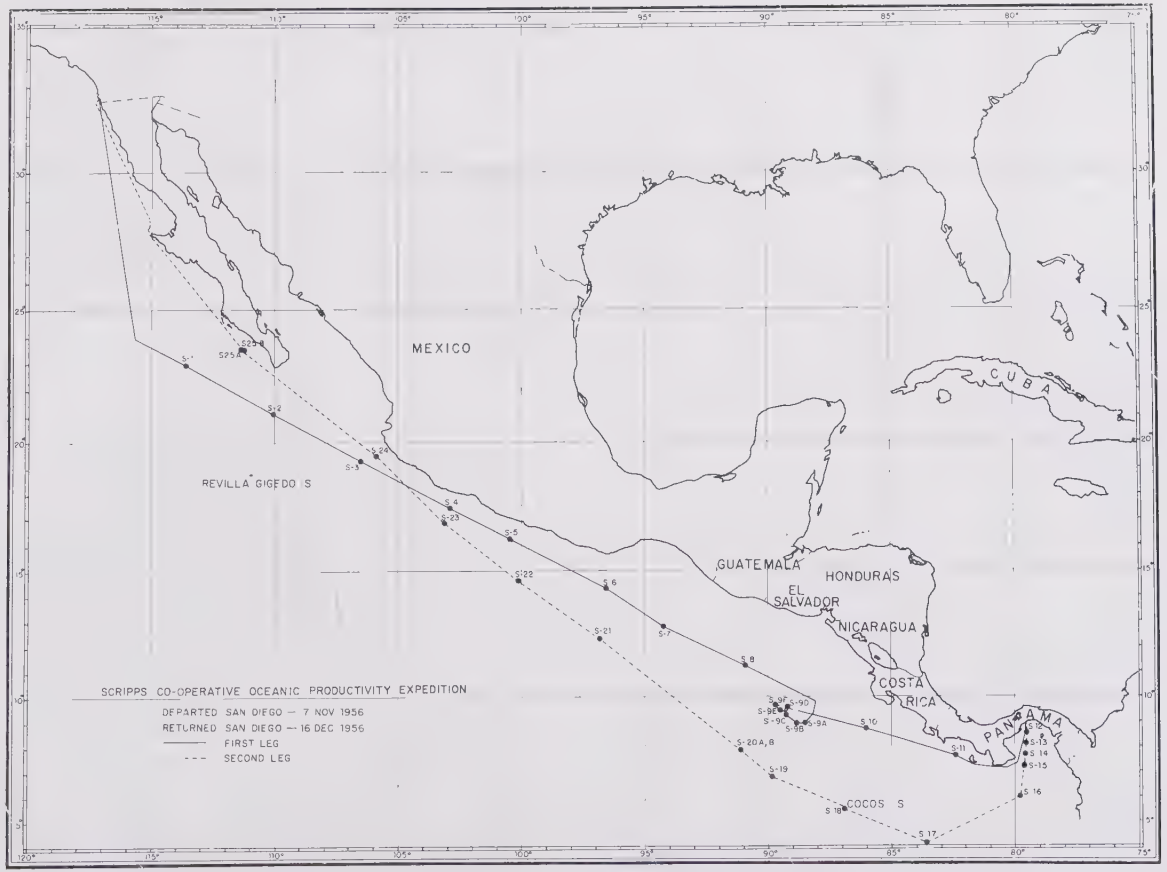

FIGURA 7. Posición de las estaciones y ruta seguida por la "Scripps Cooperative Oceanic Productivity Expedition" (SCOPE).

ellas tienen relación. Los estudios especiales frente a la América Central se programaron con el propósito de obtener una base para conocer con algún detalle los procesos en virtud de los cuales los elementos nutritivos en esta región son transportados hasta la capa superficial del agua y para conocer también sus efectos biológicos. Al presente, los datos están siendo ordenados y estarán listos para su análisis en detalle durante el año venidero.

Entre tanto, hemos esbozado planes para una expedición durante el verano de 1957, con el objeto de estudiar los efectos de las islas en la productividad de las aguas adyacentes; se han escogido con este propósito las vecindades de las Revila Gigedo. Se sabe que el atún se concentra en la vecindad de las islas y hay evidencia de que las aguas de estos alrededores son más productivas que las áreas algo más alejadas, pero el mecanismo en virtud del cual se opera este fenómeno todavía no se conoce.

Algunos miembros de nuestro personal han participado también en el planeamiento preliminar de las observaciones que ha de formular la Institución Scripps sobre la Contracorriente y la Subcorriente Ecuatoriales como parte del programa del Año Geofísico Internacional. Estos grandes fenómenos de la circulación del Pacífico tienen su término este en la región de la pesquería del atún tropical y se cree que tienen enorme influencia en la distribución de las propiedades oceanográficas de importancia en nuestra región. Consecuentemente, se necesitan efectuar estudios básicos para comprender la naturaleza de estas corrientes y en especial las variaciones que se operan en ellas, si se desea llegar a un conocimiento completo de la ecología del atún. El personal de la Comisión proyecta participar en estas investigaciones dentro de cierto límite.

La tercera fase de los estudios oceanográficos, y la que presenta más dificultades, es la que trata del conocimiento de las variaciones en la circulación y sus relaciones con las variaciones en la abundancia y disponibilidad del atún. Esta fase requiere datos oceanográficos en series de tiempo para poder correlacionarlos con las series existentes de datos meteorológicos, por un lado, y con las cifras sobre pescas de atún por el otro. Estas series oceanográficas de datos por un largo período de tiempo nos hacen falta al presente. Se están comenzando a recoger datos de esta naturaleza por dos medios: proveyendo a los barcos pesqueros de instrumentos para complementar en esta forma los datos que se colectan en las naves dedicadas a la investigación, y por instrumentos establecidos en localidades específicas.

Durante la última parte del año 1956 se experimentó con la instalación de equipos de batitermógrafos en los clípers atuneros para obtener los perfiles verticales de la temperatura a lo largo de la ruta del velero. Aún cuando nuestra experiencia es todavía algo limitada, parece que no podemos obtener datos de utilidad por este medio excepto cuando un miembro de nuestro personal científico se encuentra a bordo para operar los instrumentos. Sin embargo, también en varios clípers hemos instalado termógrafos que registran continuamente la temperatura superficial solamente, con resultados

más satisfactorios. Estos termógrafos son más fáciles de manejar y parecen ser de un más inmediato interés para los pescadores.

Para obtener registros de los instrumentos instalados en localidades fijas, estamos trabajando por medio de dos líneas: colocación de registradores automáticos del nivel y temperatura del mar en islas mar afuera, y desarrollo del uso de boyas ancladas a las cuales se ajustan los aparatos que registran la temperatura, corrientes y quizás algunos otros datos. Los equipos primeramente citados pueden obtenerse en el comercio; los hemos probado ya y hemos hecho arreglos para colocarlos en las Islas Clipperton y Revilla Gigedo. Un equipo más completo, que incluye aparatos meteorológicos, va a ser instalado en las Islas Galápagos; esta instalación será hecha por la Institución Scripps con la cooperación del Gobierno Ecuatoriano y se realizará durante el Año Geofísico Internacional. Varias entidades se encuentran dedicadas a la tarea de perfeccionar el uso de boyas automáticas; esperamos estar en condiciones de adquirir y poner en operación algunos de estos equipos durante el próximo año.

9. Investigaciones sobre la biología, ecología e historia natural de los peces de carnada

Considerando la preponderante importancia de la anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* como carnada para el atún y por cuanto parece ser esta especie la única entre los peces de carnada cuyos stocks pueden ser afectados sensiblemente por la pesquería de atún, nuestras investigaciones continúan concentradas en su estudio. Los datos sobre otras especies cuya lista aparece en la Tabla 3, son recogidos incidentalmente.

Las características raciales, edad, tasa de crecimiento y época de desove de la población de anchovetas de cada una de las áreas importantes de pesca de carnada, son objeto de nuestra investigación mediante el examen de las colecciones hechas por la flota pesquera de atún que son enviadas a nuestro laboratorio principal. En nuestros laboratorios de Costa Rica y Panamá se obtiene también material que complementa las colecciones hechas por los pescadores de atún, al mismo tiempo que miembros de nuestro personal científico hacen algunas recolecciones especiales en otras áreas. El estudio en los dos laboratorios regionales nos proporciona asimismo información sobre los primeros pasos de la historia natural y sobre la ecología de esta especie y de las que con ella están relacionadas. El laboratorio de Costa Rica se dedica principalmente a estudiar la distribución y crecimiento de la población de anchovetas que resultó del trasplante de Panamá a Nicoya en octubre de 1953.

Lo mismo que muchos otros peces pelágicos de hábitos gregarios, las anchovetas manifiestan su tendencia a agruparse por tamaños; en consecuencia se necesitan numerosas muestras para obtener una buena representación de la composición de tamaños de la población en cada mes y área. En casi todas las áreas más importantes de pesca de carnada hemos podido

acumular muestras representativas durante algunos o todos los meses del año para facilitar la determinación de la tasa de crecimiento y la edad al observar la progresión temporal del tamaño (longitud) de los miembros de las diversas edades-clases. En nuestro Informe Anual correspondiente a 1955 presentamos un gráfico indicativo de la tasa de crecimiento de la anchoveta en el Golfo de Panamá. También se hizo notar que, en esta área, alrededor del 95 por ciento de las pescas de carnada están constituídas por individuos en su primer año de vida y que muy pocos viven para sobrepasar los dos años.

FIGURA 8. Mapa que muestra las áreas de pesca de anchovetas.

Los estudios de las colecciones de la Bahía de Almejas, Guaymas y Punta Ahome, que son importantes áreas de carnada en México, demuestran que las tasas de crecimiento en estas localidades son casi idénticas a las del Golfo de Panamá. A pesar de que en ellas también los peces en su primer año de vida constituyen la mayoría de las pescas, las tasas de mortalidad en estas áreas son aparentemente algo menores que en Panamá, porque pescados en su segundo año de vida constituyen una parte significativamente mayor de las capturas en dichas localidades.

La recolecciones en el Golfo de Fonseca indican que las anchovetas crecen allí un poco más rápidamente que en Panamá, siendo unos 6 a 8 milímetros más grandes al alcanzar el primer año, mientras que, por el contrario, los peces del Golfo de Guayaquil son unos 7 u 8 milímetros más pequeños que los de Panamá cuando tienen un año.

Del examen de las gónadas de los especímenes integrantes de las muestras recogidas en todo el año en diferentes localidades, parece que existen muy notables diferencias en cuanto a las épocas de desove y a la duración de las mismas en los diversos lugares. En el Golfo de Panamá, por ejemplo, la estación en que se efectúa la reproducción se limita al período entre fines de octubre y principios de enero, con un máximum en noviembre y diciembre. En Guaymas y Punta Ahome el desove se efectúa de julio a octubre con su máximum en setiembre. En el Golfo de Fonseca, por el contrario, el período es mucho más extenso ya que se encuentran peces en estado de madurez sexual por lo menos de agosto a marzo.

Manuscritos sobre los resultados de estos estudios de la edad, crecimiento y desove en diferentes áreas están en proceso de preparación.

Se ha logrado un buen progreso en el problema de la identificación de los huevos y los estados larvales de las achovetas, para distinguirlos de los de las otras especies de anchoas que también se presentan en las mismas localidades. Esto es un preliminar necesario para las investigaciones sobre la localización exacta de los lugares de desove, estudios de la supervivencia de las larvas y otros aspectos de las primeras etapas de la historia natural de las anchovetas en los Golfos de Panamá y Nicoya, y en cualesquiera otras áreas. Durante la primera parte de 1956, el científico designado para estudiar este problema trabajó con el material ya recolectado en el Golfo de Panamá el año anterior, complementado con las colecciones especiales que se hicieron en Guaymas durante el verano. Con base en este material logró hacer una identificación tentativa de los huevos de la anchoveta e identificar las larvas más grandes. Durante la reciente época de desove en el Golfo de Panamá, este científico, junto con los miembros permanentes de nuestro personal en el Laboratorio de Panamá, efectuó estudios intensivos valiéndose de arrastres para la obtención de plancton y larvas, así como de otras técnicas a fin de conseguir el material necesario para completar las identificaciones y estudiar, en forma preliminar, los lugares de desove en el Golfo. Ha sido definitivamente posible identificar los huevos de la anchoveta por su predominio en el plancton que se recoge en los arrastres que se hacen durante la época de desove de esta especie y por la comparación del huevo pelágico con huevos maduros sacados de las gónadas de individuos adultos. Mediante la incubación de los huevos en el laboratorio y el mantenimiento de las larvas vivas ha sido posible identificar los primeros estados larvales hasta las 96 horas, a cuyo tiempo llegan a alcanzar unos 3 milímetros de longitud. Las larvas pelágicas de la serie han sido obtenidas con redes planctónicas estándar y con redes especiales para coger larvas; las larvas más grandes y los ejemplares juveniles que se escabullen de dichas redes se capturaron con redes de arrastre de una malla muy fina al extremo.

Un trabajo con la descripción de los huevos, las larvas y los ejemplares juveniles, con sus características para identificación, está siendo preparado.

Se ha descubierto que, por lo menos en el Golfo de Panamá, la ancho-

veta desova tarde en la noche y que las larvas salen del cascarón en menos de 24 horas. El desove parece efectuarse, en su mayor parte, en aguas bajas cerca de la costa y se concentra en la vecindad de las bocas de los ríos.

Investigaciones en el Golfo de Panamá

Este es el segundo año completo de investigaciones en el Golfo de Panamá en nuestro laboratorio regional instalado allí. Estos estudios sobre el terreno tienen los siguientes objetivos: (1) La investigación de los detalles de la historia natural y hábitos de las población de anchovetas en el Golfo, como base para comprender los efectos de la pesca y los factores naturales sobre la abundancia de los recursos, y (2) El estudio de los efectos del afloramiento estacional en la hidrografía y en la productividad biológica del Golfo, sus variaciones y los efectos en la población de anchovetas.

Durante el año se realizaron más detallados estudios sobre la edad, crecimiento y desove de las anchovetas adultas, y durante la última parte del año se efectuaron investigaciones intensivas de los aspectos importantes de la historia natural de la especie en sus primeras etapas, lo que ha sido ya expuesto anteriormente en este informe.

Para estudiar los movimientos migratorios de la anchoveta en el Golfo, y como una posible base para determinar la tasa de explotación de la población por la pesquería, hemos efectuado muy extensos experimentos de marcación durante los dos años pasados. Desafortunadamente, hasta el momento se ha tenido muy poco éxito. Durante 1955 se pescaron y liberaron 13,000 especímenes marcados con "cazonetes" plásticos; como resultado solamente se recobró un ejemplar. Durante 1956 se liberaron en varias partes del Golfo otros 42,400 especímenes marcados; de estos se recuperaron diez, pero sólo de siete logramos obtener los datos completos requeridos para saber la fecha de la liberación y la distancia recorrida. Cinco de estos siete fueron recobros a corto término: se trataba de peces devueltos al agua hacía menos de diez días, encontrados cerca del lugar en que fueron marcados. Los otros dos habían estado en libertad 108 y 156 días, respectivamente; ambos fueron echados al Golfo cerca de la Isla Taboguilla el 27 de febrero y recobrados cerca de Bahía Chame solamente a unas diez millas de distancia.

Hay tres posibilidades que sirven para explicar este porcentaje de recobros tan bajo: (1) que los peces mueren a causa de la operación de marcación; (2) que las marcas se desprenden de los peces; y (3) que como la población es muy grande solamente una pequeña fracción es capturada por los pescadores. Durante el año se hicieron experimentos adicionales manteniendo en viveros flotantes a los especímenes marcados para investigar las dos primeras posibilidades. Estos experimentos demostraron que hay una mortalidad inicial de alrededor del 50 por ciento, debida a la operación de marcación, después de lo cual la mortalidad es pequeña. Desgraciadamente ninguno de los experimentos duró lo bastante como para determinar si las marcas se desprenden o no. Cada experimento terminó accidental-

mente pocas semanas después, dos de ellos a causa de las tormentas y uno debido a que una embarcación pesquera chocó con el vivero. Al tiempo en que se interrumpieron los experimentos, sin embargo, muchos peces en los viveros tenían sus marcas visibles todavía, a pesar de que algunas podían haberse desprendido sin que se notaran. Se planea repetir estos experimentos durante el próximo año intensificando las precauciones contra accidentes.

A menos que haya una pérdida grande de marcas, parece que la tasa de explotación de la población de anchovetas en el Golfo de Panamá es bastante baja. Esto, desde luego, coincide con los resultados del análisis de los datos sobre la pesca y el esfuerzo de pesca que ha demostrado que los cambios en dicho esfuerzo, en los últimos años, no han tenido un efecto sensible en la abundancia según las cifras de la pesca de carnada por día de actividad.

A fin de investigar los efectos del afloramiento estacional causado por los vientos septentrionales durante el período entre noviembre y abril, en una estación a 10 millas al sureste de la Isla Taboga a intervalos bisemanales estamos efectuando observaciones detalladas de diversa naturaleza, complementadas por investigaciones estacionales en todo el Golfo, para medir la distribución vertical de la temperatura y la salinidad de la superficie. En la Isla Taboga se obtienen registros continuos de la temperatura del mar mediante un termógrafo instalado allí. También la Compañía del Canal de Panamá en Balboa nos suministra registros del nivel y temperatura del mar y datos meteorológicos; estos registros son una continuación de una serie de datos que comprenden un período de cincuenta años.

En una estación frente a la Isla Taboga, a intervalos bisemanales han sido medidos la distribución vertical de la temperatura, salinidad, oxígeno y fosfato. También se hicieron arrastres cuantitativos con redes para medir las reservas de fitoplancton y zooplancton. Se tomaron muestras de agua para la enumeración de las especies de fitoplancton, y por medio de la técnica del carbón catorce se hicieron determinaciones de la tasa de la producción básica.

En la Figura 9 tienen su ilustración gráfica algunos de los fenómenos físicos y químicos asociados con los períodos de afloramiento que, como puede verse, ocurren cada año entre noviembre y abril. Los dos recuadros inferiores de dicha figura muestran, respectivamente, las velocidades medias diarias de los vientos en Balboa de los sectores norte y sur, y la velocidad media diaria del viento del norte propiamente dicho. La fuerza de los vientos septentrionales, que soplan fuertemente durante los meses de invierno, transporta fuera del Golfo el agua de la superficie que es tibia y de baja salinidad, siendo reemplazada por agua más fría y más salina procedente de niveles más profundos de alta mar. Esto se ha indicado claramente en los dos recuadros superiores que muestran los cambios en las distribuciones verticales de la temperatura y salinidad en la estación frente a la Isla de Taboga. El bajo contenido de oxígeno de las aguas recientemente surgidas

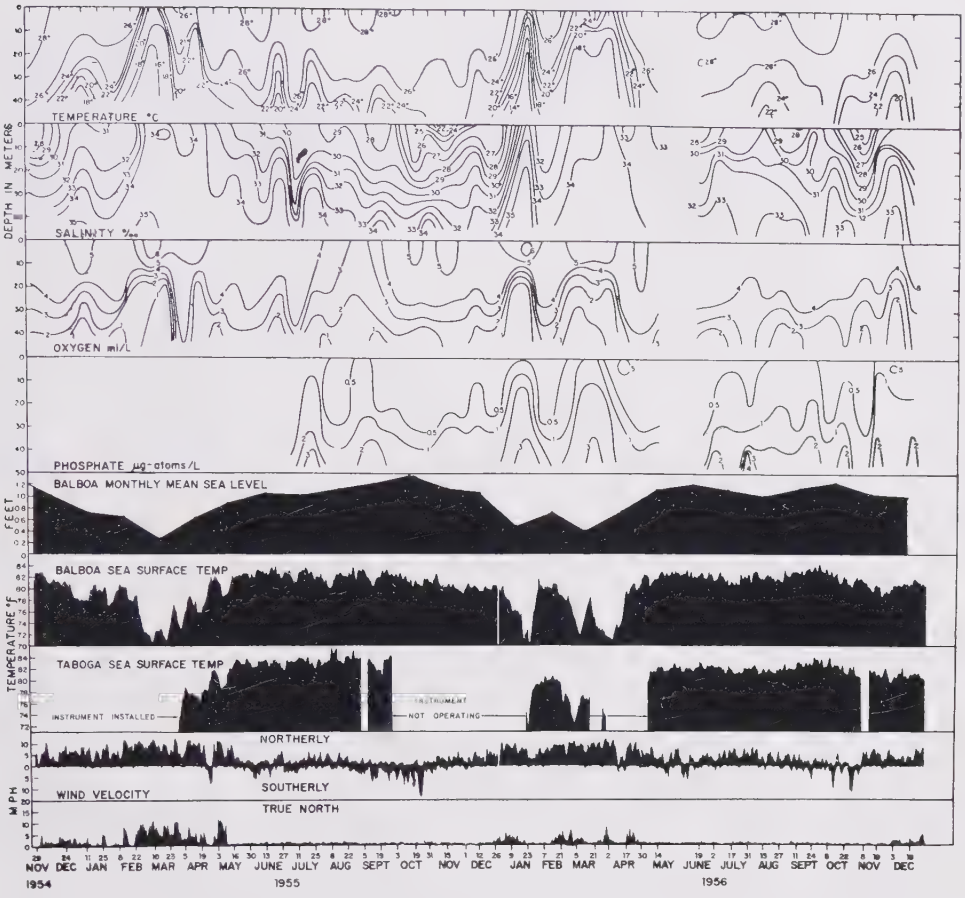

FIGURA 9. Datos meteorológicos y oceanográficos del Golfo de Panamá, de diciembre de 1954 a diciembre de 1956, ilustrando algunos de los efectos del afloramiento durante la estación de los vientos septentrionales.

está ilustrado por los cambios en la distribución vertical de esta propiedad, los cuales aparecen indicados en el tercer recuadro. Estas aguas surgidas que se originan en niveles más profundos son ricas en elementos nutritivos, como por ejemplo fosfatos cuyo aumento durante la estación del afloramiento se indica en el recuadro número cuatro. La depresión de la superficie del mar costero, asociada al descenso de temperatura de las aguas superficiales, ha sido ilustrada en los recuadros restantes.

También puede verse que, entre años, evidentemente existen algunas diferencias en estos fenómenos. En 1955 los vientos septentrionales soplaron casi uniformemente hasta mayo, en tanto que en 1956 hubo un período en febrero en que estos vientos amainaron. La disminución del viento norte durante este período dió como resultado una notable cesasión del afloramiento, lo que resulta evidente en los mapas de temperatura, salinidad, oxígeno y fosfato.

Al comparar las propiedades del agua que llegó a la superficie en esta estación durante el período de afloramiento de 1955 con las distribuciones verticales de las propiedades medidas en dos estaciones en noviembre frente a la boca del Golfo (durante la Expedición "Eastropic"), se infiere que el agua que llegó a la superficie del Golfo se originó a una profundidad de cerca de 50 metros en alta mar. Parece, entonces, que por lo menos los cincuenta metros superiores del agua del Golfo fueron removidos durante la estación y reemplazados por aguas ricas en elementos nutritivos.

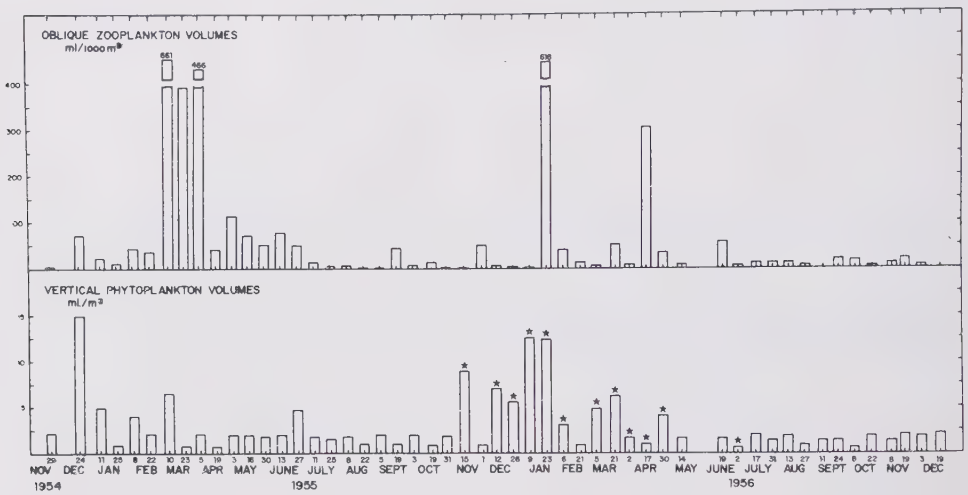

FIGURA 10. Volúmenes del fitoplancton y del zooplancton en una estación en el Golfo de Panamá, de diciembre de 1954 a diciembre de 1956. Las estrellas indican volúmenes de zooplancton que pueden ser algo sobreestimados debido a impropia sedimentación.

Los efectos de la introducción del agua fértil en los cultivos de plantas y animales tienen su ilustración en la Figura 10. En el recuadro inferior se indican los cambios en las reservas de fitoplancton determinados por el volumen de sedimentación de organismos recogidos en un arrastre vertical, desde el fondo hasta la superficie, con una manga fitoplanctónica de 20 cm. de diámetro en su boca. En el recuadro superior se muestran los volúmenes de zooplancton sacados en arrastres oblicuos con una manga zooplanctónica estándar de medio metro (con una gasa 40XXX grano de arena en el cuerpo y 56XXX en el extremo). Puede apreciarse como el comienzo del afloramiento en noviembre y diciembre da como resultado inmediato un aumento en la reserva de fitoplancton. El zooplancton, que se alimenta del fitoplancton, llega a un máximum algunas semanas después. El hecho de que el fitoplancton en realidad rebaja de su máximum durante la última parte del período de afloramiento puede ser atribuible a los efectos del apacentamiento de las poblaciones de zooplancton. Es interesante notar que el período "doble" de afloramiento en 1956 parece estar reflejado en las reservas de fitoplancton.

El enriquecimiento del Golfo y el resultante aumento de organismos en el extremo inferior de la cadena alimenticia, está muy claramente relacionado con el ciclo reproductivo de la anchoveta. Este pez de carnada tiene su máximum de desove justamente al principio del período de afloramiento, y las reservas de organismos alimenticios son altas precisamente cuando los ejemplares juveniles se presentan abundantemente en las aguas del Golfo. Durante enero y febrero se observan por todo el Golfo grandes masas de anchovetas pequeñas; al avanzar el año y tan pronto como alcanzan mayor tamaño se movilizan hacia las cercanías de la costa para refugiarse en los bajos fangosos. Es probable que el éxito en la reproducción de las anchovetas esté relacionado con el volumen del afloramiento. Investigaciones en el término de unos pocos años nos permitirán verificar esta probabilidad.

El hecho de que el grado del afloramiento es bastante variable de un año a otro está demostrado por las series de registros sobre el nivel del mar y temperaturas marinas que ha recogido la Compañía del Canal, las cuales se remontan a 1908. Desafortunadamente, la mayor parte de la variabilidad que se presenta de un año a otro parece ser de una naturaleza azarosa. Los análisis estadísticos de estas series de datos, que aún continúan en marcha, indican que hay un curso o giro secular a largo plazo y existe también alguna ligera evidencia de variación periódica de unos seis o siete años de duración. Sin embargo, el elemento aleatorio es tan grande que estas tendencias o giros tienen un valor de predicción insignificante.

A fin de estudiar la sucesión estacional de las especies de fitoplancton, en adición a la biomasa total, a intervalos regulares de dos semanas y a profundidades de 10 y 30 metros, en la estación instalada en el Golfo hemos tomado muestras de agua para la enumeración de las especies individuales. Esta clase de enumeración constituye una tarea de alta especialización que, consecuentemente, hemos arreglado con el Instituto de Biología Marina de la Universidad de Oslo para que conduzca estos estudios sobre la base de un contrato. El trabajo se efectúa bajo la supervisión del Profesor Trygve Braarud, quien es una autoridad en la materia.

Investigaciones en el Golfo de Nicoya

Durante 1956 se continuaron las investigaciones previamente iniciadas en nuestro laboratorio del Golfo de Nicoya, incluyendo extensas observaciones y recolecciones para vigilar los efectos del trasplante que se efectuó en 1953 con el objeto de rehabilitar la población de anchovetas y para la obtención de datos hidrográficos en varias estaciones localizadas en el Golfo.

Los datos hidrográficos recogidos en el Golfo de Nicoya comprenden la distribución vertical de la temperatura, salinidad y oxígeno, para lo cual se hicieron observaciones repetidas veces en el año, en diversas estaciones. Los datos de la temperatura diaria son obtenidos por medio de un termógrafo instalado en Puntarenas y las determinaciones de salinidad se hacen semanalmente en el mismo lugar. Los datos meteorológicos se consiguen mediante la cortés cooperación del Gobierno y de otras entidades.

Los datos hidrográficos que hemos recogido del Golfo de Nicoya durante los últimos años demuestran que el régimen de esta localidad es bien diferente del que impera en el Golfo de Panamá. Hay muy poca evidencia de afloramiento en alguna época. Parece que las variaciones en la distribución de las propiedades están más bien relacionadas principalmente con el ciclo anual de precipitación, y que la renovación de los elementos nutritivos en el Golfo probablemente depende en gran parte de la entrada de los ríos y del intercambio de aguas con el mar abierto a través de los procesos normales de la circulación en los estuarios. Los datos no han sido completamente analizados todavía; se espera que esto pueda lograrse durante el próximo año.

El aumento de la población de anchovetas del Golfo de Nicoya va tan despaciosamente que resulta desalentador. Durante 1955 siguieron apareciendo especímenes en nuestras recolecciones, tanto en la parte interior como en la exterior del Golfo, y la presencia en ciertas localidades de adultos sexualmente maduros, así como de varios ejemplares de juveniles muy tiernos, indica que la población se reproduce. Sin embargo, el número de peces capturados indica que no se opera un gran aumento en la magnitud del stock, el cual se mantiene muy por debajo de un tamaño utilizable.

Publicación de los resultados de las investigaciones

Durante el año, una parte considerable del tiempo de nuestro personal fué dedicado a la preparación de publicaciones sobre los resultados de nuestros estudios. Se terminaron varios *Boletines* cuyos títulos aparecen en el Informe de los Comisionados (página 30) y otros están en preparación, como se ha dicho anteriormente.

Además, algunos miembros de nuestro personal también han publicado trabajos en otros órganos de prensa. Tres contribuciones adicionales a nuestras publicaciones han visto la luz durante el año, a saber:

11. Cromwell, T.
1956—Eastropic Expedition.
Pacific Fisherman, July 1956, p. 25 *et. seq.*

12. Schaefer, M. B.
1956—The Inter-American Tropical Tuna Commission and Conservation of the tuna and tuna-bait resources in the Eastern Tropical Pacific Ocean.
Pan American Fisherman, May 1956, p. 10 *et. seq.*

13. Cromwell, T. and J. L. Reid
1956—A study of oceanic fronts.
Tellus, Vol. 8, No. 1, pp. 94-101.